

Universidade de Lisboa



Resolução de problemas recorrendo a uma história na  
aprendizagem do som

Paulo Viriato de Albuquerque e Meneses

Mestrado em Ensino da Física e da Química no 3.º ciclo do Ensino Básico  
e no Ensino Secundário

Relatório de Prática de Ensino Supervisionada orientado pela Professora Doutora  
Mónica Luísa Mendes Baptista e pelo Professor Doutor Rui Jorge Agostinho

2016



Universidade de Lisboa



Resolução de problemas recorrendo a uma história na  
aprendizagem do som

Paulo Viriato de Albuquerque e Meneses

Mestrado em Ensino da Física e da Química no 3.º ciclo do Ensino Básico  
e no Ensino Secundário

Relatório de Prática de Ensino Supervisionada orientado pela Professora Doutora  
Mónica Luísa Mendes Baptista e pelo Professor Doutor Rui Jorge Agostinho

2016



# Agradecimentos

Em primeiro lugar não posso deixar de agradecer à Professora Doutora Mónica Baptista, minha orientadora, pelo constante estímulo e incentivo, em todos os momentos e em cada um, deste processo longo que se materializa neste relatório, mas que congrega muitos pequenos e grandes passos em que me senti sempre acompanhado.

Ao Professor Doutor Rui Agostinho, pela sua boa disposição e ensinamentos na parte científica, que muito ultrapassam a fundamentação científica deste trabalho, e por acreditar nas minhas capacidades. É contagiante a alegria com que comunica o seu saber.

À Professora Teresa Nunes, professora cooperante e companheira de caminho. Pelos seus conselhos e testemunho. Tenho agora um modelo de ser professor que quero seguir.

Aos alunos que participaram neste trabalho, pelo entusiasmo que evidenciaram, pelo empenho com que resolveram as tarefas e por me terem recebido tão bem.

À Professora Doutora Manuela Rocha e professora Teresa Conceição, pela disponibilidade em ajudar e pelos bons momentos e partilha de saberes, nos estudos de aula realizados.

À Carla Silva, minha amiga, colega e companheira deste mestrado. Por todos os momentos que passamos juntos, pela entreajuda e confiança demonstrada. Mesmo se pudesse, não escolheria mais ninguém para trabalhar e partilhar alegrias e dificuldades.

À família do Colégio de Santa Maria, pela sua amizade e porque me acolheram incondicionalmente e me apoiaram, e aliviando-me de algumas responsabilidades, tornaram possível a chegada a este momento. Particularmente, não posso deixar de agradecer ao Dr. José Maria Antunes, Diretor do Colégio, por acreditar em mim desde o primeiro dia.

Finalmente, o agradecimento principal: à minha mulher Sandra, pelo seu amor infinito. Sem ti, nada disto seria possível. E aos meus filhos, por, à maneira deles, me terem apoiado e, sem terem escolhido, terem-se muitas vezes visto privados da companhia e presença do pai.



# Resumo

Tendo em conta os desafios propostos para o ensino das ciências, utilizou-se para a lecionação do tópico som uma estratégia baseada na resolução de problemas, a partir de uma história criada de raiz para esse fim. Com este trabalho, pretende-se conhecer como é que essa estratégia pode influenciar as aprendizagens dos alunos. Para o efeito, identificam-se as aprendizagens que os alunos realizam e as dificuldades que sentem, quer ao nível dos conceitos científicos, quer em termos da estratégia usada, assim como se tem em conta a avaliação que os alunos fazem de todo o processo de ensino e aprendizagem.

Participaram neste trabalho 20 alunos que constituem uma turma de 8.º ano de escolaridade de uma escola de Lisboa, oito dos quais rapazes e doze raparigas, com uma média de idades de cerca de treze anos. Foram lecionadas 16 aulas de 45 minutos, onde se aplicaram cinco tarefas de resolução de problemas (uma das quais um *role-play*). Foi utilizada uma metodologia de investigação qualitativa, em que a recolha de dados foi feita através de vários instrumentos, concretamente documentos escritos, registos vídeo e notas de campo do professor e entrevistas em grupo focado.

Os resultados mostram que os alunos realizaram aprendizagens sobre o tópico som, nomeadamente sobre produção e propagação do som, atributos do som e sua deteção pelo ser humano e ondas. Paralelamente, a utilização desta estratégia permitiu que os alunos desenvolvessem competências para além do conhecimento substantivo, como são exemplo competências processuais, de raciocínio, comunicação e atitudes, que contribuíram para o incremento da sua literacia científica. No entanto, o processo não foi isento de dificuldades, quer na aprendizagem de conceitos científicos quer nas etapas da resolução de problemas, mas que foram diminuindo com o decorrer da aplicação das tarefas. Os resultados indicam também que os alunos mostraram gosto e interesse nas tarefas realizadas e que foi relevante o uso desta estratégia com uma forte ligação à sua realidade.

**Palavras-chave:** Resolução de problemas, Histórias no ensino das ciências, Som, Desenvolvimento de competências, Literacia científica





# Abstract

Taking into account the challenges proposed for science teaching, it was used a problem-solving based strategy from a storyframe created for that purpose, for teaching the topic sound,. This work aims to know how this strategy may influence pupils' learning. For that purpose, it is identified the pupils' learning accomplishments and difficulties felt, regarding both scientific concepts and the strategy used, as it is also taken into consideration the pupils' evaluation concerning the whole teaching and learning process.

20 pupils from an 8th grade class from a school in Lisbon participated in this work. The class is formed by eighth boys and twelve girls with an average age of thirteen years old. 16 classes of 45 minute-long each were lectured, in which it was used five problem-solving based tasks (one of which was a role-play). A qualitative research methodology was used, in which data collection was obtained from several instruments such as written documents, video recordings and teacher's field notes and focus group interviews.

The results show that the pupils accomplished learning on the topic sound, namely about sound production and propagation, characteristics of sound and its detection by humans and sound waves. This strategy also allowed pupils to develop learning skills other than substantial knowledge, such as procedural skills, reasoning, communication and attitudes, that contributed to improve their scientific literacy. However, the learning process wasn't free from difficulties, both in what concerns scientific concepts and the stages of problem-solving, but those decreased over the implementation of the tasks. The results also indicate that the pupils liked and showed interest during task accomplishing, and that it was relevant the use of this strategy with a strong connection to their reality

**Keywords:** Problem-solving, Stories in science teaching, Sound, Skills development, Scientific literacy



# Índice Geral

Índice de Quadros .....	xiii
Índice de Figuras .....	xiv

## Capítulo 1

<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
Organização do trabalho.....	3

## Capítulo 2

<b>Enquadramento teórico .....</b>	<b>5</b>
Os problemas e a resolução de problemas.....	5
Potencialidades da resolução de problemas .....	10
Estudos sobre resolução de problemas.....	13
Literatura e histórias no ensino das ciências .....	18

## Capítulo 3

<b>Proposta didática.....</b>	<b>23</b>
Fundamentação científica.....	23
Produção, propagação e receção do som.....	23
Ondas sonoras .....	24
Velocidade de propagação do som.....	28
Atributos do som .....	31
O espectro sonoro e a audição humana .....	35
Fundamentação didática.....	36
Contextualização e enquadramento curricular .....	36
Dificuldades de aprendizagem e conceções alternativas dos alunos sobre o som.....	40
Organização da proposta didática.....	42
Descrição das tarefas .....	46
Avaliação.....	51

## Capítulo 4

<b>Métodos e procedimentos .....</b>	<b>53</b>
Método de investigação.....	53
Participantes .....	55
Recolha de dados.....	56
Documentos escritos .....	56
Observação .....	57

Entrevista.....	58
Análise de dados .....	61
<b>Capítulo 5</b>	
<b>Resultados .....</b>	<b>65</b>
Aprendizagens dos alunos em termos de conceitos científicos.....	65
Conhecimento substantivo .....	65
Estratégias usadas.....	74
Dificuldades dos alunos durante a aprendizagem da temática som .....	84
Conhecimento substantivo .....	84
Conhecimento processual.....	92
Avaliação que os alunos fazem da estratégia de ensino utilizada .....	97
Relevância .....	98
Gosto e interesse.....	101
<b>Capítulo 6</b>	
<b>Discussão, Conclusão e Reflexão final .....</b>	<b>105</b>
Discussão.....	105
Conclusão .....	109
Reflexão Final .....	111
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>115</b>
<b>Apêndices .....</b>	<b>121</b>
Apêndice A – Planificação das aulas .....	123
Apêndice B – Recursos educativos de apoio às aulas – Guiões das tarefas .....	157
Apêndice C – Instrumentos de avaliação .....	187
Apêndice D – Guião das entrevistas em grupo focado .....	191

# Índice de Quadros

Quadro 3.1	
<i>Valores de velocidade do som em diferentes meios materiais (Adaptado de Serway &amp; Jewett, 2014, p. 512).</i> .....	30
Quadro 3.2	
<i>Sequência das aulas lecionadas no âmbito das tarefas realizadas sobre o som.</i> ....	45
Quadro 4.1	
<i>Categorias e subcategorias de análise de acordo com as questões em estudo.</i> .....	62

# Índice de Figuras

## *Figura 3.1*

(Esquerda) – Movimento de um pulso longitudinal através de um gás compressível. (Direita) – Propagação longitudinal de uma onda através de um tubo cheio de gás, sendo a fonte da onda um êmbolo oscilante (adaptado de Serway & Jewett, 2014, p. 508). ..... 25

## *Figura 3.2*

(a) amplitude de deslocamento e (b) amplitude de pressão em função da posição para uma onda sinusoidal longitudinal. .... 27

## *Figura 3.3*

(a) Elemento de gás em equilíbrio de comprimento  $v\Delta t$  num tubo de área de secção transversal  $A$ . (b) Movimento do elemento de gás com velocidade  $v_x$ , constante e igual à velocidade do êmbolo, por ação de uma força momentânea adicional do lado esquerdo (Adaptado de Serway & Jewett, 2014, p. 510). .... 28

## *Figura 3.4*

Ondas esféricas emitidas por uma fonte sonora pontual (adaptado de Serway & Jewett, 2014, p. 513). .... 33

## *Figura 3.5*

Formas das ondas de: (a) um diapasão; (b) um clarinete e (c) uma trompete, todas correspondentes a uma frequência de 440 Hz e intensidade aproximadamente igual (Adaptado de Tipler, 1979, p. 622). .... 35

## *Figura 3.6*

Esquema Organizador da Unidade Didática. .... 39

# Capítulo 1

## Introdução

A sociedade em que atualmente vivemos releva, promove e transparece os valores da democracia, liberdade e envolvimento cívico, numa partilha de responsabilidade de cada um dos seus cidadãos, cuja voz e ação é importante e requerida e para as quais têm de estar atentos e sobretudo preparados. Sendo importante a aprendizagem de conceitos das mais diversas áreas, na escola, é igualmente importante dotar os alunos de um conjunto de competências, num processo de formação contínua e diversificada. É neste âmbito que, quer internacionalmente quer em Portugal, muito se tem refletido sobre como levar a bom termo estes pressupostos. Procura-se, assim, complementar ou até substituir o método de ensino expositivo e por transmissão de conhecimentos por métodos de ensino e aprendizagem mais efetivos, nos quais o foco deixa de estar centrado no professor para estar centrado no aluno e nas suas aprendizagens. Para esse fim, o professor deve promover experiências educativas variadas e flexíveis, mais que um ensino estrito e pré-definido (Siu, 1999, citado por Dogru, 2008), o que contribui para um desenvolvimento do aluno mais completo como pessoa e como ser social.

Particularmente na Educação em Ciências, um dos principais objetivos dos currículos, neste domínio, tem sido o desenvolvimento de capacidades e competências de pensamento (Appleton, 1995; Galvão et al., 2001), onde é crescente a tendência para enfatizar processos mais que produtos (Garret, 1987), com o intuito da promoção da literacia científica dos alunos, essencial para a sua formação global. Com efeito, a Educação em Ciências pode e deve envolver a promoção de uma consciência sociológica, dotando os alunos de competências para enfrentar problemas sociais, morais e éticos, alguns dos quais criados pelas próprias atividades científicas (Solomon, 1980). Deve também proporcionar conhecimentos e desenvolver capacidades e atitudes indispensáveis à vida diária dos cidadãos e assegurar a construção de uma sociedade mais democrática, onde todos os cidadãos se sintam capacitados para participar de forma crítica e reflexiva em discussões, debates e processos decisivos sobre assuntos de natureza sócio científica (Reis, 2006).

É neste quadro que, paralelamente a outras estratégias, o uso de problemas e sua resolução têm sido referidos por vários autores como processos chave recomendados e vistos como uma componente vital na Educação em Ciências. Cabaler Senabre (1994), citado por Vasconcelos, Lopes, Costa, Marques e Carrasquinho (2007), refere que “propor problemas e procurar os caminhos para a sua resolução é, na verdade, uma tarefa que para além de fundamental na atividade científica, não deixa de ser um processo intelectual decisivo para a aprendizagem das ciências”(p. 237), ajudando a articular as suas dimensões. Num sentido mais amplo, ajudar os alunos a saber resolver problemas e sobretudo utilizar estratégias na prossecução da sua solução, implicando o conhecimento e o pensamento, mobiliza-os na sua dimensão global, pelo que os problemas devem cobrir várias áreas que podem ser transversais e interdisciplinares (Garret, 1987; Vasconcelos et al., 2007).

A resolução de problemas possibilita o desenvolvimento de competências, tais como as competências de raciocínio, interpretação, comunicação e de tomada de decisão (Leite & Afonso, 2005; Leite & Esteves, 2005), que os cidadãos têm que mobilizar quando enfrentam problemas no seu quotidiano (por exemplo, seleccionar, prever, recolher informação, planear, formular hipóteses, controlar variáveis) (Vasconcelos et al., 2007). As próprias orientações curriculares para as Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do Ensino Básico apresentam a resolução de problemas como uma das principais estratégias necessárias à transformação do ensino (Galvão et al., 2001).

O que o professor faz na sala de aula e como gere as aprendizagens, influencia as convicções dos alunos e desencadeia-lhes um conjunto de atitudes afetivas em relação à ciência. No âmbito deste trabalho, com esse intuito, criaram-se problemas com situações novas para os alunos, cuja resposta não é imediata. Não se trata assim apenas de recordar o que já foi aprendido e obter uma solução imediata, mas estabelecer a exigência de uma resposta do aluno após todo um processo, onde põe em prática várias competências na busca de uma solução para a sua resolução. Como contexto para introduzir as tarefas, utilizou-se uma história criada de raiz com vista a lançar os problemas relacionados com a temática a lecionar: o som. De igual forma, a história teve o propósito explícito de motivar questões nos alunos, desenvolvendo-se a partir dela, paralelamente, a resolução de problemas, usando assim a linguagem como promotora da literacia dos alunos. Outro pressuposto para a utilização da história foi o



de proporcionar um fio condutor entre todas as tarefas, estando cada capítulo interligado com o anterior, o que permite e facilita também a interligação dos conceitos científicos inerentes a cada uma. Mais concretamente, procura-se através da história ligar os conceitos científicos à realidade dos alunos e ao seu dia-a-dia, fornecer informação relevante para suscitar problemas a partir desta e analisá-los, bem como direccionar os alunos para outras atividades, trabalhando a linguagem e a interpretação de texto. A partir da história, fomenta-se também a discussão e a formulação de planos para achar resposta aos problemas, ao mesmo tempo que, em determinadas circunstâncias, se podem aferir algumas concepções dos alunos sobre o tópico versado.

Neste sentido, a finalidade deste trabalho é conhecer como é que a resolução de problemas, a partir de uma história envolvendo a temática som, pode influenciar as aprendizagens de alunos do 8.º ano de escolaridade. Dentro desta problemática, foram identificadas três questões orientadoras:

- De que forma a resolução de problemas a partir de uma história facilita a aprendizagem de conceitos científicos?
- Que dificuldades sentem os alunos na temática som quando se recorre a resolução de problemas a partir de uma história?
- Que avaliação fazem os alunos do uso de resolução de problemas a partir de uma história para aproximar os conceitos científicos à sua realidade?

## **Organização do trabalho**

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No primeiro capítulo, procede-se a uma introdução ao trabalho, apresentando-se também a problemática inerente e as questões que o orientam. No segundo, é efetuado o enquadramento teórico, que foca os problemas e a resolução de problemas, as potencialidades da resolução de problemas, estudos sobre a resolução de problemas e a literatura e histórias no ensino das ciências. O terceiro capítulo centra-se na proposta didática a ser desenvolvida na leção do tópico som e está dividida em duas secções. A primeira secção é respeitante à fundamentação científica, onde são apresentados os princípios teóricos e os principais

conceitos físicos sobre o som, nos quais que se baseia e se sustenta a lecionação. Na segunda secção, apresenta-se a fundamentação didática, onde constam a contextualização e enquadramento curricular, as dificuldades de aprendizagem e as concepções alternativas dos alunos sobre o som, a organização da proposta didática, com a descrição das aulas e das tarefas e finalmente a avaliação. O capítulo quatro é dedicado aos métodos e procedimentos. Aí descreve-se o método de investigação, caracterizam-se os participantes, referem-se os instrumentos de recolha de dados e a forma como vão ser analisados, culminando o capítulo com a apresentação das categorias e subcategorias de análise que emergiram dos dados recolhidos, atendendo às questões orientadoras do trabalho. O quinto capítulo contempla os resultados obtidos, visando dar resposta às questões orientadoras. Está dividido em três secções, uma por cada uma dessas questões. O sexto e último capítulo diz respeito à discussão dos resultados, às conclusões do trabalho e a uma reflexão final sobre a importância e relevância deste trabalho para a minha futura prática profissional, onde se destacam as aprendizagens e as dificuldades sentidas ao longo de todo o processo.

# Capítulo 2

## Enquadramento teórico

Na linguagem do dia-a-dia, os termos questão, exercício ou problema nem sempre são distinguidos, tendo em Educação significados distintos. Dado que o foco deste trabalho é a resolução de problemas recorrendo a uma história, procura-se neste capítulo enquadrar teoricamente o que são problemas, o que é a resolução de problemas e evidenciar o que a literatura considera serem as potencialidades da resolução de problemas. Referem-se ainda alguns estudos nacionais e internacionais sobre a resolução de problemas e a importância da literatura e das histórias no ensino das ciências.

### Os problemas e a resolução de problemas

Na literatura, o termo problema surge com significados algo distintos, dependendo dos autores. No entanto, há um conjunto de características comuns a várias definições que são determinadas pela reação do indivíduo relativamente à situação que lhe é apresentada. São apresentadas algumas definições, segundo alguns autores: para Duncker (1945), citado por OCDE (2013), um problema existe quando alguém tem um objetivo mas não sabe como o atingir. Já Polya (2003) considera que um indivíduo está perante um problema quando se confronta com uma questão a que não pode dar resposta, ou com uma situação que não sabe resolver usando os conhecimentos imediatamente disponíveis. Para Bingham (1983), citado por Dogru (2008), um problema é um obstáculo capaz de ser superado por alguém, com um determinado propósito. Se alguém não souber, de forma imediata, como atingir o seu propósito, significa que está a enfrentar um problema, sendo que não havendo nenhum propósito, não há também nenhum problema. O desejo de cumprir uma necessidade de forma a atingir um propósito, associado às dificuldades enfrentadas nesse processo, são as condições necessárias para se estar diante de um problema (Dogru, 2008), fomentando-

se níveis de desenvolvimento cognitivo superiores. No documento das Normas - NCTM (1991) refere-se que:

um problema genuíno é uma situação em que, para o indivíduo ou para o grupo em questão, uma ou mais soluções apropriadas precisam ainda de ser encontradas. A situação deve ser suficientemente complicada para constituir um desafio, mas não tão complexa que surja como insolúvel (p. 11).

Há que ter em conta, contudo, que o que alguns percecionam como problema, pode não o ser para outros, não sendo por vezes previsível como essa situação é encarada, dependendo este facto da abordagem a essa situação que cada um faz, condicionada pelos seus conhecimentos prévios e maturidade que condicionam o grau de dificuldade, do contexto onde a situação problemática se insere, do interesse em resolver ou encontrar uma solução, do considerar a existência de uma perturbação ou incongruência, dependendo todos estes fatores da individualidade de quem a enfrenta (Garret, 1987; Pozo, 1998). Assim, a mesma situação pode ser encarada por uns como exercício ou como problema, sendo a distinção baseada na questão fundamental de saber se se dispõe, ou não, de um processo imediato para a resolver. Caso se conheça esse processo e se seja capaz de o usar, a questão será um exercício. Caso contrário, a questão será antes um problema (Ponte, 2005). É também relevante a forma como o resolvente percebe a funcionalidade da tarefa dentro da aprendizagem, a forma como o professor a apresenta e guia, bem como a avalia (Costa & Moreira, 1997). Sintetizando, nas definições acima descritas podem ser identificadas duas características comuns para o que é um problema: é uma situação para a qual se pretende uma solução, por um lado, mas por outro não há procedimento que conduza imediatamente à solução.

Dado o enquadramento da questão do que é uma problema, importa referir que a resolução de problemas na sala de aula foi abordada pela primeira vez de modo consistente por Polya em 1945, para um contexto matemático, mas posteriormente e na atualidade muitos são os autores e investigadores educacionais que se debruçam sobre a resolução de problemas alargada ao ensino das ciências, os processos cognitivos envolvidos (estudados há algum tempo pela psicologia) (Costa & Moreira, 1996), bem como os métodos e estratégias para a sua execução, sendo assim a resolução de problemas preconizada de diferentes formas consoante os autores que se tomem como referência. No entanto, todas elas têm em comum a associação a um conjunto de capacidades cognitivas, como são as ações de pensar, criar e prever, o pensamento lógico e o pensamento crítico, que afetam a capacidade de resolver problemas, e

consequentemente de tomar decisões, de inferir, deduzir, distinguir, comparar e classificar, entre outras (Novais & Cruz, 1989).

Mayer (1990) define resolução de problemas como um processo cognitivo dirigido à transformação de uma situação problema dada, numa solução, onde um método óbvio para atingir essa solução não está disponível. Novais e Cruz (1989) consideram que a resolução de problemas envolve capacidades complexas de pensamento, como a escolha de uma estratégia para a resolução do problema, a reunião de factos ou dados acerca do problema, a determinação da informação adicional necessária à sua resolução, a execução da estratégia de resolução, o confronto da nova informação e a verificação da validade da nova informação de modo a generalizá-la. De igual forma, a resolução de problemas é vista como uma oportunidade de desenvolvimento da metacognição de quem os resolve, na medida que o crescente domínio de capacidades cognitivas complexas promove também o desenvolvimento de competências metacognitivas.

A resolução de problemas começa pelo reconhecimento da existência de uma situação problemática e o reconhecimento da natureza dessa situação. Requer, por parte do proponente à sua resolução, a identificação específica do problema a resolver e o estabelecimento e concretização de um plano que conduza à solução, paralelamente à monitorização e avaliação do progresso durante essa atividade (OCDE, 2013). Adicionalmente, compreende uma interação do aluno com o problema, como um fator complexo, no qual o aluno produz transformações não só no plano material externo, como também no plano mental, interno. Considerando a resolução de problemas como processo de pensamento, torna-se necessário observá-la como atividade mental, na qual se encontram acima de tudo as operações básicas do pensar, ou seja, a análise, a síntese, a generalização, a abstração e a comparação (Borrvalho, 1995). Infere-se, também, que os processos cognitivos têm uma influência decisiva na resolução de problemas, e que as operações básicas do pensamento devem ser desenvolvidas com cuidado, na procura da solução do problema.

A resolução de problemas não é só uma especialidade mental, envolvendo também atitudes e valores específicos na sua concretização (Dogru, 2008), sendo considerada por Garrett (1987) uma atividade de aprendizagem complexa que envolve o raciocínio. Segundo o quadro construtivista, a resolução de problemas é definida como um processo de movimentação através de um espaço-problema (representação interna),

no qual um estado inicial de ignorância é transformado num estado de obtenção do objetivo, no qual a solução do problema é conhecido. Estes estados são verdadeiros estados de conhecimento ou de crença no estado das coisas num mundo real ou imaginário (Green, 1988). De qualquer forma, independentemente de não haver uma só definição e tipo de problema (como tarefa) e procedimentos na sua resolução, existem uma série de procedimentos, habilidades e ações que são comuns entre todos os problemas, como estar atento a ele, recordar, relacionar certos elementos entre si, tudo isto numa determinada ordem para que se atinja a meta que é a procura de uma solução (Costa & Moreira, 1997). Essa solução, quer o problema seja mais ou menos definido (maior ou menor facilidade de identificação de alcance de uma solução, sendo neste último caso menos claros e específicos os passos necessários para a resolução), exige uma compreensão da tarefa, a elaboração de um plano de atuação perante o desafio, a própria execução desse plano e finalmente uma análise que permita determinar se se alcançou o objetivo (Polya, 2003).

A resolução de problemas é assim dependente do domínio de conhecimentos específicos e de estratégias (Mayer, 1992) e consiste num conjunto de atividades que vão desde a identificação do problema até à sua solução (Garret, 1987). No entanto, Garret (1987), sugere que, não havendo sempre uma solução para todo e qualquer problema, talvez se pudesse utilizar outro termo como ‘encontro de problemas’, que tira o foco da solução e permite incluir todos os processos que vão desde o reconhecimento do problema, à acomodação, representação, ou mesmo a rejeição ou descarte do mesmo, por via do desinteresse, entre outros. As estratégias para a resolução de problemas podem designar-se de heurísticas, que não são mais do que procedimentos destinados a resolver um problema usando regras que possibilitem chegar rapidamente à solução ou aproximar-se dela.

No contexto das representações, é útil distinguir entre representações internas e externas. As primeiras consistem na forma como quem resolve armazena componentes internos do problema na sua mente (Bodner & Domin, 2000, citados por Solaz-Portolés & López, 2008). Já as segundas consistem em algo que significa, simboliza ou representa objetos e/ou processos (Rosengrant, Van Heuleven & Etkina, 2006, citados por Solaz-Portolés & López, 2008). São exemplos destas representações: palavras, diagramas, equações, gráficos e desenhos. A resolução de problemas depende primeiramente da construção e manipulação de modelos mentais (representações

internas) na mente, que implicam uma extensa base de conhecimento (declarativo, procedimental ou processual, estratégico e esquemático), uma capacidade de memória processual (ou de trabalho) e sua relação com a memória de longo prazo, bem como de competências metacognitivas, resultando estas das relações feitas entre os elementos recolhidos da descrição do problema e o conhecimento próprio de quem se propõe a resolvê-lo (Solaz-Portolés & Lopez, 2007).

De acordo com o psicólogo cognitivo Mayer (1992), o processo de resolução de problemas segue duas etapas: a representação do problema e a solução do problema. No que toca à primeira, o proponente à resolução necessita de transformar a descrição do problema numa representação mental própria e pessoal em dois passos: a *tradução*, onde extrai conceitos a partir da descrição textual do problema, utilizando conhecimentos linguísticos (compreensão e interpretação) e semânticos (relação com os factos da sua realidade), e a *integração*, onde relaciona o conteúdo transmitido pelo enunciado de forma a produzir uma representação mental, para o que é requerido um conhecimento esquemático da classificação do problema, num processo de integração da informação providenciada pelo enunciado do mesmo. Solaz-Portolés e Lopez (2007), consideram que estes passos levam à compreensão dos problemas, assim como condicionam todo o processo de resolução de problemas. Essas representações podem começar por ser construídas a partir de palavras-chave do enunciado do problema, ultrapassando a barreira somente linguística interrelacionando-se com a experiência e realidade do indivíduo que a promove. Quanto maior for o número de representações criadas, maiores são as hipóteses de concretizar a resolução do problema.

Já o uso de representações externas através de símbolos e objetos que representam o conhecimento e a estrutura desse conhecimento de quem resolve problemas, pode facilitar os processos cognitivos complexos, reduzindo o esforço cognitivo e o uso da memória processual, ajudando assim a contextualizar e a decodificar o problema, tornando o processo de resolução mais efetivo e eficiente (Solaz-Portolés & Lopez, 2007). Associado a ambos os tipos de representação, o pensamento criativo e o pensamento crítico são componentes importantes da competência de resolução de problemas (Mayer, 1992). O pensamento criativo é uma atividade cognitiva que resulta no encontrar de soluções para problemas novos. Já o pensamento crítico acompanha o pensamento criativo e é utilizado para avaliar soluções possíveis para o problema. É fundamental, adicionalmente, a consideração de que o

aluno tem de sentir que o problema é seu, onde tem que ter um papel central no processo de resolução, ser um agente ativo, sujeito do seu próprio ensino. O professor desempenha aqui um papel importante, ao necessitar de saber dosear a sua participação, de modo a aumentar a atividade do aluno levando à sua progressiva autonomia, ajudando a desenvolver a perseverança no aluno e promovendo a persistência.

A promoção da resolução de problemas desenvolve a capacidade de usar uma série de estratégias e as atitudes em relação a essa resolução de quem os resolve, entrando-se assim no domínio dos processos cognitivos, e levando-se também em conta os processos metacognitivos associados e inerentes à própria resolução de problemas. No âmbito deste trabalho, os problemas propostos não se resolvem para aplicar ou aprofundar conhecimentos. Ao contrário desse tipo de abordagem, que introduz os problemas após os alunos terem adquirido conhecimentos e competências relevantes, pretende-se colocar os problemas no início de uma unidade temática, isto é, antes de se começar a estudar um determinado tema ou assunto (Dutch, 1996). Esta abordagem pode ajudar os alunos a compreenderem por que motivo estão a aprender o que estão a aprender (Gallagher et al., 1995), emergindo assim a aprendizagem através da participação ativa dos alunos.

### **Potencialidades da resolução de problemas**

À resolução de problemas parece ser atribuída uma função determinante como motor do ato de pensar e, com isso, da própria atividade inteligente humana (Sternberg, 1985 citado por Vasconcelos et al., 2007), permitindo a cada indivíduo lidar melhor com o mundo e o ambiente que o rodeia, desenvolvendo a flexibilidade no confronto com diversas situações (Aksu et al., 1990 citados por Dogru, 2008). A resolução de problemas potencia igualmente a criatividade. O reconhecimento de uma situação problemática, a formulação de hipóteses, o encontro de uma solução e todos os processos de raciocínio na tentativa de resolução são promotores da criatividade, podendo até este fator criatividade ser considerado como elemento da avaliação formativa, quando da aplicação de resolução de problemas em sala de aula (Garret, 1987). As representações externas usadas são também benéficas para os alunos, sendo que os formatos de representação de problemas afetam o seu desempenho e a sua



representação das estratégias de aprendizagem levam a melhorias substanciais na sua capacidade de resolução de problemas (Solaz-Portolés & Lopez, 2007).

O desenvolvimento de competências cognitivas de elevada ordem (*HOCS – Higher-order cognitive skills*) inerentes à resolução de problemas, assim como ao pensamento crítico e à tomada de decisão são considerados serem os mais importantes resultados de aprendizagem que um bom ensino deve almejar (Solaz-Portolés & Lopéz, 2008). O objetivo de promover as competências e capacidades na resolução de problemas pelos professores nas aulas de ciências vem ao encontro da perceção de que os alunos, muitas vezes, não são capazes de aplicar os conhecimentos obtidos nessas aulas, facto que tem sido constatado pelos investigadores da Educação em Ciências (Solaz-Portolés & Lopez, 2007). É assim importante a aquisição de níveis crescentes de competências afetas à resolução de problemas, pois estas para além de conferirem uma aprendizagem concetual que perdura no tempo, providenciam uma base para a aprendizagem futura, nomeadamente na participação efetiva na sociedade e na capacidade de condução de atividades pessoais. Os alunos precisam de ser capazes de aplicar o que aprenderam a novas situações (OCDE, 2013). Também o uso de estratégias colaborativas, necessárias na resolução de problemas como membro de um grupo, são essenciais para o sucesso, por exemplo, no mercado de trabalho, onde o indivíduo faz parte, muitas vezes, de uma equipa de diversos especialistas, que podem até trabalhar em locais separados (OCDE, 2013).

Durante a resolução de problemas, os alunos devem ter oportunidade de discutir com os colegas, com o professor, de argumentar, de criticar, de interagir de forma a haver uma partilha de ideias, de estratégias, de raciocínios, de pensamentos e de desenvolver a sua capacidade de comunicação. De igual forma, a formulação de questões de elevado nível por parte dos alunos é essencialmente importante uma vez que os obriga não só a analisar a realidade que os envolve, como também a selecionar informação que consideram ser relevante para resolver um conflito cognitivo (Schein & Coelho, 2006). É sem dúvida desejável que os alunos sejam então incentivados e ensinados a formular questões de elevado nível cognitivo, a partir de contextos problemáticos e que os professores usem o questionamento para manter os alunos ativos na tarefa de aprender, resolvendo problemas. São as questões que um dado contexto problemático faz emergir que enriquecem e tornam dinâmico o processo de ensino e aprendizagem, que fomentam nos alunos o próprio questionamento e a argumentação e

que incentivam a investigação, a comunicação, a reflexão e a colaboração (Chin & Chia, 2004).

Nos processos que ocorrem ao resolver problemas, como pensamentos, raciocínios e ações associados à sua resolução, os alunos exercitam a mente e desenvolvem sentimentos de modo a encontrar satisfação pelo esforço despendido na procura de soluções razoáveis, ao mesmo tempo que aprendem a refletir e a agir perante situações problemáticas, aplicando conhecimentos que vão sendo desenvolvidos e fortalecidos durante o processo de resolução (Lambros, 2004). Durante a resolução de problemas, os alunos desenvolvem assim heurísticas e processos de metacognição, que podem ser traduzidos pela esquematização do problema, conhecimento funcional, planificação, reflexão, monitorização, verificação e interpretação (Abdullah, 2006, citado por Solaz-Portolés & Lopez, 2007). Neste desenvolvimento, os novos conhecimentos vão sendo incorporados na própria estrutura cognitiva e ficarão disponíveis para enfrentar novas situações problemáticas, tornando-os mais independentes, ativos e criativos na tomada de decisões, no presente e no futuro (Lambros, 2004).

Várias são as competências desenvolvidas durante a resolução de problemas. No entanto, pela especificidade do processo, está definida uma competência específica de resolução de problemas (OCDE, 2013), como a capacidade de envolvimento num processo cognitivo, com vista a compreender e resolver situações problemáticas onde não existe um método direto e óbvio para chegar a uma solução. Esse processo inclui a disponibilidade para se envolver nessas situações com o objetivo de promover o potencial próprio como cidadão reflexivo e construtivo. Através da resolução de problemas, inserida num ambiente propício e favorável, o aluno verifica a validade dos conceitos, realiza conjecturas, relaciona os conceitos, generaliza, estimula os procedimentos num contexto significativo, toma uma atitude reflexiva e desenvolve a capacidade de raciocínio e de pensamento.

## **Estudos sobre resolução de problemas**

A temática da resolução de problemas constitui, atualmente, uma linha de investigação na Educação em Ciências, na qual têm sido produzidos inúmeros trabalhos, ao nível nacional e internacional (Vasconcelos et al., 2007). Nesta secção, não se pretende fazer um estado da arte, no que toca à resolução de problemas, mas sim exemplificar o que a investigação educacional tem desenvolvido neste campo, descrevendo sucintamente alguns estudos efetuados sobre esta temática, dado a diversidade e abundância da literatura disponível. Assim, referem-se ao nível internacional vários trabalhos.

Na Turquia, Dogru (2008) desenvolveu um estudo experimental com estudantes universitários turcos candidatos a professores de ciências, tendo estudado a influência da aplicação de resolução de problemas no seu sucesso académico a uma disciplina sobre Problemas Ambientais, utilizando várias estratégias. Para tal, usou dois grupos de alunos, um experimental onde se aplicou a resolução de problemas como estratégia de ensino e outro de controlo, onde se procedeu a uma lecionação convencional. Foram testadas as competências científicas, a atitude perante a resolução de problemas e o sucesso académico dos dois grupos. Verificou-se um maior sucesso académico no grupo experimental, justificado pelo maior envolvimento e atitude dos alunos na resolução de problemas, tendo sido promovida a discussão e argumentadas razões e causas dos eventos, o que levou a conclusões melhor assimiladas. Da mesma forma, verificou-se um maior desenvolvimento de competências científicas neste grupo, tendo usado a resolução de problemas, e o mesmo se verificou quanto à atitude perante a resolução de problemas. É assim a conclusão deste estudo que a resolução de problemas deve ser promovida como estratégia de ensino, atendendo contudo a uma boa planificação do professor e uma ação concertada e prolongada no tempo para que os alunos beneficiem dela.

Num estudo desenvolvido na Grã Bretanha, Garret (1987) elabora sobre os conceitos de resolução de problemas como são utilizados normalmente na literatura da Educação em Ciências e sugere a distinção entre *puzzles*, para os quais as soluções são conhecidas ou admitidas como possíveis, e problemas, para os quais poderão não haver soluções. Sugere ainda que a capacidade de reconhecer um problema é possivelmente mais importante que a sua solução e que esta depende da experiência, conhecimentos e

interesses do resolvente. Finalmente, discute também a relação entre estas atividades e a originalidade e criatividade, recomendando o seu uso nas aulas de ciências, verificando contudo que a verdadeira resolução de problemas tem sido pouco promovida, não estando assim a serem desenvolvidas e praticadas nos alunos competências associadas a este tipo de estratégia de ensino.

Os autores brasileiros Costa e Moreira (1997), para além deste artigo, têm um vasto número de publicações sobre a resolução de problemas. Este em particular, faz uma revisão da literatura na área da resolução de problemas, mais concretamente nas estratégias para a resolução de problemas na área da Física, sugeridas para facilitar a sua concretização. Analisaram-se 28 artigos, a partir dos quais se elaborou um quadro, tendo-se relacionado a base teórica, as estratégias ou metodologias utilizadas e os resultados de cada um, sendo identificados os autores e país de origem. Foram encontradas regularidades entre vários dos artigos, como o foco no processamento da informação na resolução de problemas, a construção do conhecimento científico e as referências às teorias de Piaget e Ausubel-Novak (aprendizagem significativa). Adicionalmente, foram analisadas as metodologias empregues na resolução de problemas, evidenciando-se uma concordância no ensino de heurísticas (gerais ou específicas), mas após o diagnóstico das dificuldades apresentadas pelos alunos nos seus processos de resolução de problemas. Nesse contexto, são privilegiadas as heurísticas específicas, que enfatizam a análise detalhada qualitativa do problema e que permitem descrevê-lo e relacioná-lo com um conteúdo específico. São também relevadas as descrições das restantes fases da resolução de problemas: a procura de relações-chave que permitirão os passos seguintes da resolução, (facilitada pela organização do conhecimento na memória de longo prazo), a execução do caminho para resolver o problema e a análise e avaliação do processo em si, quando e se chega a uma solução para o problema. Os alunos procedem finalmente a uma reflexão crítica de todo o processo de resolução de problemas, pois considera-se que o conhecimento do processo é tão importante como o conhecimento do conteúdo. São também referidas as vantagens do trabalho colaborativo e a comunicação durante o processo.

Num estudo desenvolvido na Austrália, Appleton (1995) investiga como na resolução de problemas os alunos exploram o que se designa por espaço-problema (representação mental), a partir de problemas resultantes de acontecimentos discrepantes nas aulas de ciências. Foram utilizadas cinco turmas com alunos entre os

onze e os treze anos às quais se aplicaram três estratégias diferentes identificadas na literatura: demonstração (pelo professor), seguida de questionamento dos alunos ao professor, demonstração seguida de uma explicação (pelo professor) e trabalho colaborativo dos alunos em pequenos grupos sob a orientação do professor. Verificou-se que a capacidade de exploração do problema e construção da representação mental foi condicionada pela estratégia utilizada. A primeira e a terceira resultaram na maior exploração por parte dos alunos, influenciadas também pela procura de informação não disponível na sua memória de longo termo, usando fontes de informação disponíveis. No entanto, devido a constrangimentos impostos pela implementação de cada uma das estratégias, nenhuma foi considerada como totalmente satisfatória, sendo sugerida uma combinação de aspetos de cada uma das estratégias utilizadas.

De Espanha, Solaz-Portolés e Lopez (2007) focam-se neste estudo nas representações durante a resolução de problemas e sugerem recomendações para a prática letiva dos professores. Distinguem-se representações internas de representações externas. As representações internas são definidas como modelos mentais que devem ser construídos e manipulados, envolvendo uma extensa base de conhecimento (declarativo, processual, estratégico, situacional e esquemático), o uso da memória de trabalho ou processual e o uso de competências metacognitivas. Quanto a este tipo de representações, são apresentados exemplos da investigação sobre práticas de ensino desenvolvidas nesta área. São também discutidas as representações externas, como o uso de símbolos e objetos, traduzindo estes o conhecimento dos alunos e a estrutura desse conhecimento, o que pode facilitar os processos cognitivos complexos durante a resolução de problemas. É considerada benéfica a utilização de múltiplas representações por parte dos alunos e em diferentes formatos, pois podem dessa forma melhorar a sua prestação e crescer na capacidade de abordar a resolução de problemas. Com base nestas evidências, os autores sugerem diretivas para a prática letiva dos professores que apliquem a resolução de problemas, e que são comuns às que se enunciam no próximo artigo descrito, pelo que só aí se referem.

Estes mesmos autores, Solaz-Portolés e López (2008), apresentam uma visão global sobre a investigação efetuada relacionada com os diferentes tipos de conhecimento que estão envolvidos na resolução de problemas, sendo estes os conhecimentos declarativo (saber o quê: factos, definições e descrições), processual (saber como: regras processuais e sequências), esquemático (saber porquê: princípios,

esquemas), estratégico (saber quando, onde e como aplicar o conhecimento: estratégias, heurísticas específicas), situacional e metacognitivo, assim como as competências de tradução, debruçando-se em como estes afetam a prestação dos resolventes. O sucesso na resolução de problemas resulta da gestão destes conhecimentos, considerando-se dois tipos de resolventes: os novatos e os experientes, de acordo com a extensão da sua base de conhecimentos e a organização e gestão dos seus diferentes tipos, e com a capacidade de interligação entre a memória processual e a de longo termo, resultando esta visão nas mesmas recomendações para os professores, indicadas no artigo de 2007.

Com base na pesquisa efetuada nos dois últimos artigos referidos, as diretivas para a prática letiva dos professores que apliquem a resolução de problemas que os autores sugerem são: a aplicação de técnicas que levem à compreensão concetual do tópico versado no problema, como é exemplo a elaboração de mapas concetuais; a estimulação de processos de análise para além da interpretação de textos (desenvolvimento de competências processuais e de raciocínio, como são o explicar, relacionar e confrontar); o desenvolvimento de práticas, como o trabalho laboratorial, tarefas de investigação, simulações, análise quantitativa de dados, construção de explicações e o desenvolvimento do pensamento crítico e a capacidade de tomada de decisões, que levem à aprendizagem concetual e ao desenvolvimento de competências cognitivas de elevada ordem; o desenvolvimento continuado de resolução de problemas com vista à melhoria das competências de tomada de decisão; o encorajamento da compreensão dos problemas mais que a utilização e memorização de processos que podem ser utilizados mecanicamente sem o fator de compreensão, promovendo-se para esse efeito a discussão, o trabalho cooperativo e a inter-relação de conceitos; a diversificação e crescente complexidade dos problemas apresentados, tendo em conta o seu uso prolongado, para desenvolver de forma crescente as competências cognitivas dos alunos; ensinar estratégias de metacognição (importância da esquematização do problema, conhecimento funcional, planificação, monitorização, reflexão, verificação e interpretação); evitar o uso de procedimentos que possam levar a uma carga cognitiva desnecessária, principalmente para os que têm menores capacidades de memória processual, pelo que se deve dar instruções breves, claras e simples, reduzindo a complexidade linguística, bem como utilizar simultaneamente texto e imagens ou diagramas, dividindo a tarefa em vários passos e desenvolvendo estratégias de suporte para suplantar dificuldades.

No âmbito nacional, vários são os autores que também investigam a aplicação da resolução de problemas. Por exemplo, Vasconcelos et al. (2007) realizaram uma análise de artigos nacionais e internacionais publicados entre 2000 e 2003 com a intenção de obter indicadores teóricos e práticos emergentes da investigação em resolução de problemas em Educação em Ciências, recolhendo informação relevante para a elaboração de um enquadramento teórico integrador do ensino por resolução de problemas em Educação em Ciências. O critério de seleção das revistas onde os artigos analisados foram publicados teve em conta a relevância das revistas na Educação em Ciências e as temáticas abordadas, assim como a necessidade de obter informação atualizada tanto de revistas nacionais como internacionais. Essas revistas foram as seguintes: *Revista de Educação*, *Revista Portuguesa de Educação*, *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Enseñanza de las Ciencias* e *Journal of Research in Science Teaching*. Houve uma preocupação educacional, refletida em processos de ensino e aprendizagem das ciências desenvolvidos a partir de situações contextualizadas, suscetíveis de serem abordadas em contextos de aula, cujo objetivo era o de proporcionar o enriquecimento de competências cognitivas e atitudes diversas. Constatou-se da análise dos 69 artigos selecionados, que o ensino por resolução de problemas não foi um tema muito abordado neste período nas revistas portuguesas selecionadas, tendo havido uma abordagem mais presente nas revistas internacionais, aparecendo em alguns artigos a articulação da resolução de problemas com outras linhas de investigação, como são exemplo as orientações CTS (Ciência, Tecnologia, Sociedade), o desenvolvimento de competências ou o ensino não formal. Surge ainda em vários artigos a preocupação em explicitar orientações para avaliar as aprendizagens dos alunos com o ensino por resolução de problemas, e para avaliar a própria abordagem curricular baseada na resolução de problemas, mas noutros surgem indicadores de um ensino por resolução de problemas clássico, que se preocupa fundamentalmente em elaborar os problemas a partir de situações académicas ou de situações evocadas e explicitando e orientando os problemas e as tarefas associadas aos problemas de partida.

Morgado e Leite (2001) averiguaram em que medida os documentos oficiais reguladores do ensino e aprendizagem das ciências no 3.º ciclo do Ensino Básico português, nomeadamente o Currículo Nacional do Ensino Básico (entretanto extinto) e as Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais (OCCFN), reconhecem a

aplicação da resolução de problemas e a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas como promotoras do desenvolvimento de competências sociais, cognitivas, atitudinais, processuais e de raciocínio e as aprendizagens diversificadas dos alunos que preconizam. Da análise exhaustiva dos dois documentos mencionados, constatou-se a existência de referências explícitas e implícitas à palavra problema, com maior enfoque nas OCCFN. Verificou-se que os dois documentos sugerem o recurso à resolução de problemas em contexto de sala de aula, mencionando questões que os professores devem colocar aos alunos antes de iniciarem a leção de alguns temas, sem contudo explicitar, indicar ou sugerir um ensino apenas baseado na resolução de problemas. É referido que os professores que conhecem e utilizam esta metodologia podem, no entanto, retirar orientações e material útil destes documentos para promovê-la, olhando-os de modo diferente do habitual, de forma a tirar partido da liberdade que estes lhes dão, nomeadamente na utilização de estratégias metodológicas inovadoras que parecem ser mais eficientes para a aprendizagem das ciências.

### **Literatura e histórias no ensino das ciências**

A ciência existe porque os cientistas são escritores e oradores. Como uma forma de conhecimento partilhada, a compreensão científica é indissociável da linguagem escrita e oral, não havendo fronteiras nem muros entre fazer ciência e comunicá-la (Montgomery, 2003, citado por Evagorou & Osborne, 2000). Embora pareça um contrassenso falar na leitura, na escrita e no ensino das ciências centrado na linguagem (podendo remeter-se estes aspetos a um ensino mais tradicional), de facto não o é. Mesmo numa perspetiva de um ensino centrado no aluno, promotor de estratégias e competências diversas, mais que recetor de conteúdos transmitidos de forma expositiva, as atividades de leitura e escrita suportam o seu desenvolvimento, não sendo vistas com caráter substitutivo (Pearson, Moje & Greenleaf, 2010). A linguagem é importante para a ciência na medida em que não descreve ou reflete somente estruturas conceituais pré-existentes, mas cria ativamente essas estruturas. O conhecimento científico está então inextricavelmente dependente da linguagem e a linguagem é também central na nossa capacidade de pensar (Evagorou & Osborne, 2000).

A ciência usa a linguagem de forma especial, dado usar vocabulário técnico e também vocabulário mais comum, mas que assume outros significados quando



comparados com a linguagem comum. Cabe ao professor (funcionando até como intérprete), introduzir e explicar esse vocabulário, e aos alunos cabe construir novos significados a partir da linguagem utilizada. Evagorou e Osborne (2000) referem que, paralelamente, os alunos demonstram ter mais dificuldade em decodificar o significado das palavras nos seus contextos, não compreendendo a linguagem da ciência, muitas vezes, não por problemas relativos à linguagem mais técnica, mas sim pelo vocabulário, ou falta dele, na sua língua mãe, quando utilizado num contexto científico. Wellington e Osborne (2001) salientam ainda que para além do vocabulário, as conexões lógicas, como as palavras contudo, portanto ou porque, entre outras, são essenciais na construção de um argumento, uma vez que estabelecem relações entre evidências ou construtos, ordens ou dados, ajudando também a diferenciar e a comparar fenómenos idênticos, pelo que devem ser trabalhadas pelos professores de ciências, dado não serem supérfluas no contexto científico, sendo utilizados para explicar e justificar os argumentos que a ciência produz acerca do mundo.

De forma a desenvolver a literacia científica plena, e nela incluída, são essenciais o estabelecimento de conexões explícitas entre a linguagem da ciência e a forma como os conceitos científicos são apreendidos, percecionados e interpretados a partir de vários formatos de texto, levando ao conhecimento científico (Pearson, Moje & Greenleaf, 2010). A capacidade de dar significado às representações da linguagem oral e escrita é central para a obtenção de um conhecimento científico robusto e para uma participação num discurso público sobre a ciência. A ciência e a literatura usam alguns processos de raciocínio em comum: o estabelecer objetivos, o questionamento, a clarificação de ambiguidades, a inferência a partir de evidências incompletas e o estabelecimento de argumentos baseados em evidências. Assim, as ferramentas e artefactos da ciência são consistentes, se não idênticos aos usados na literatura, pelo que não faz sentido evitar os desafios de envolvimento dos alunos com textos, por muito que isso possa parecer eficiente (Pearson, Moje & Greenleaf, 2010). Mais, no campo da prática letiva, a leitura e compreensão de textos é uma atividade pouco desenvolvida pelos professores, e quando o é, restringe-se a atividades que, embora se reconheça que têm potencialidades na aprendizagem, são de alguma forma laterais, sendo apenas utilizadas com finalidades motivacionais ou de enriquecimento de um determinado conhecimento (Salema & Afonso, 2001).

Ainda assim, a linguagem é central na aprendizagem das ciências, para comunicar as ideias da própria ciência, sendo que ler, falar e escrever são as atividades predominantes em qualquer sala de aula, incluindo as de ciências (Evagorou & Osborne, 2000). Contudo, na busca de concretização mais centrada nas experiências e atividades dos alunos, evita-se por vezes a utilização de textos, científicos ou não, de maior ou menor extensão, privilegiando as indicações verbais contínuas por parte do professor. Embora também úteis no que toca à utilização da linguagem correta e adequada em ciência, esta atitude pode subpotenciar as aprendizagens dos alunos, além de os colocar numa posição passiva e de dependência do professor (Pearson, Moje & Greenleaf, 2010). A ciência não se concebe sem a linguagem técnica que desenvolveu para edificar a sua visão alternativa do mundo. Assim, a resposta apropriada para aqueles que educam em ciências é desenvolver a leitura e compreensão de textos (científicos ou não), ajudando os alunos a construir significados e sentidos nos textos, promovendo as suas competências no seu uso (Wellington & Osborne, 2001).

Existem potencialidades da conciliação de áreas que à partida parecem tão distintas, como a literatura e a ciência. Almeida e Strecht-Ribeiro (2001) destacam a possibilidade de um enriquecimento de saberes pelas interações disciplinares que provocam, a emergência ao longo de todo o processo formativo de um estado de vigilância interdisciplinar e a ampliação das capacidades de pensar, dado que a exploração de múltiplas relações implica um aumento da complexidade das análises. Particularmente, o uso da literatura na ciência pode ser concretizado pelo uso de histórias nas aulas de ciências. Para além do carácter motivador, estas devem ter características específicas para que se tornem úteis na aprendizagem dos alunos, e não apenas um contexto que sirva como ponto de partida para a leção de conceitos.

Não se pode ter uma abordagem típica ao uso de histórias quando se fala no ensino das ciências. Comunicar com uma audiência fora do âmbito científico, ou seja, para aqueles que usam a literatura científica ou mesmo outra, para consumo próprio e para lazer, é muito diferente de envolver os alunos independentemente do seu grau de ensino. As histórias ou contos, relacionados com o ensino e a aprendizagem das ciências, têm como objetivo o envolvimento, mas também o propósito de incitar o questionamento em ciência, com questões do tipo: Porque isto aconteceu? O que fazer a seguir? Como é isto possível? (Kukaswadia, s.d.)

Segundo Klassen (2009), as histórias com temas científicos diferem das histórias no campo das humanidades em pelo menos dois aspectos críticos, nomeadamente no seu objetivo e no papel do leitor ou ouvinte. O objetivo central das primeiras é, sobretudo, melhorar o ensino e a aprendizagem das ciências, e não só entreter ou comunicar uma mensagem, como é o caso das histórias no campo das humanidades. É, portanto, relevante garantir que o foco destas histórias seja a ciência e que este aspeto não fique escondido dentro da narrativa ficcional (Kukaswadia, s.d.). Embora as pessoas usem naturalmente a sua imaginação e sejam atraídas para boas histórias e feitos históricos, estas qualidades essenciais de pensamento são aquelas que tendem a estar ausentes nos textos utilizados no estudo das ciências e no ensino das ciências. Mais, a escrita expositiva, especialmente a que consta nos livros didáticos ou escolares, tende a ser desprovida do interesse humano e carece do envolvimento humanístico natural, pelo que é útil utilizar o texto narrativo com o intuito de promover o conhecimento científico (Klassen, 2009).

O intuito de utilizar uma história vocacionada para a aprendizagem em ciências, é a de fazer uso da literatura, além dos pressupostos valiosos que já sustenta, para promover desafios e o questionamento. O professor pode fazer uso dela para desenvolver atividades de cariz investigativo ou resolução de problemas com os seus alunos, a partir de um contexto que desperte a curiosidade dos alunos, e deixando os fatores dos desafios que a mesma possa despoletar nas mãos dos alunos, em busca de soluções, mais do que providenciadas pela própria história (Konieck-Moran, 2009).

É certo que a narrativa surge prioritariamente em disciplinas mais ligadas às humanidades, estando o texto informativo, explicativo, o relatório, a exposição argumentativa mais ligados à ciência (Salema & Afonso, 2001), mas estes não são exclusivos destas áreas pelo que até a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade pode ser promovida, quando se promove o intercâmbio destes estilos literários nas diferentes áreas de ensino, e pode incitar os alunos menos despertados em cada uma destas áreas a modificar a sua atitude perante elas. Mas independentemente do tipo de textos, a leitura nas aulas de ciências deve ser considerada uma atividade e uma competência chave, dado que a leitura é uma importante atividade científica. Qualquer cientista, na sua atividade profissional, tem muitas horas de leitura individual por semana. Incentivar o gosto pela atividade científica nos alunos passa pois pelo gosto pela leitura e pelo

desenvolvimento da competência de compreensão textual (Wellington & Osborne, 2001).

Concluindo, a aprendizagem em ciências está vinculada e beneficia da incorporação da literatura, enquanto a aprendizagem desta última está vinculada e beneficia de estar integrada na ciência e na investigação científica (Pearson, Moje & Greenleaf, 2010).

Conciliar o uso de uma história com a resolução de problemas é um desafio, tendo de se ter o cuidado de em cada passo (capítulo da história) não descurar o que é essencial que é a aprendizagem em ciências. Ultrapassado este aspeto e conseguido o propósito de envolvimento e fator motivacional, as mais-valias evidenciam-se, dado que se consegue trabalhar de forma transdisciplinar e usar as valências que a linguagem escrita permite para focar aspetos importantes da linguagem científica e da própria literatura no campo das ciências. Adicionalmente, pode potenciar-se a utilização da informação e interpretação da história para, por um lado, promover a discussão, suscitar problemas, lançar desafios e atividades com que os alunos se identifiquem e que estejam próximos da sua realidade e ligar os conceitos científicos a essa mesma realidade, como também por outro, através da linguagem aí expressa, distinguir alguns conceitos, termos e conceções que o senso comum usa de forma diversa da ciência.

# Capítulo 3

## Proposta didática

Neste capítulo apresenta-se a proposta didática a ser desenvolvida no âmbito deste trabalho, na lecionação do tópico som, inserido na componente de Física da disciplina de Ciências Físico-Químicas do 8.º ano de escolaridade. Foram desenhadas cinco tarefas com o intuito de promover a resolução de problemas, a partir de uma história que os despoleta. O capítulo está dividido em duas secções. A primeira contempla a fundamentação científica, na qual são abordados os princípios teóricos e os conceitos científicos relacionados com o som, nomeadamente: produção, propagação e receção do som, ondas sonoras, velocidade de propagação do som, atributos do som e o espectro sonoro e a audição humana. Na segunda, descreve-se a fundamentação didática, onde se procede a uma contextualização e ao enquadramento curricular, referem-se as dificuldades de aprendizagem e as concepções dos alunos sobre o som, é apresentada a organização da proposta didática, e faz-se uma breve descrição das tarefas e das aulas, assim como da avaliação dos alunos.

### Fundamentação científica

#### Produção, propagação e receção do som

O som é produzido por corpos materiais elásticos animados de um movimento vibratório e percebido graças às vibrações de certas partes do recetor. Esses corpos materiais são designados fontes sonoras. O som não se propaga no vácuo, e as vibrações sonoras são sempre transmitidas da fonte sonora até ao recetor por intermédio de meios materiais (no estado sólido, líquido ou gasoso), com transporte de energia e a uma velocidade que depende das características elásticas do meio material e muito inferior à velocidade da luz (Bruhat & Foch, 1964; Cessac & Tréherne, 1966; Dessart, Jodogne & Jodogne, 1972). O som pode então ser considerado um conjunto de ondas progressivas, elásticas e materiais e a sua propagação, como a propagação do movimento vibratório

emitido pela fonte sonora (Alonso & Finn, 1972; Cessac & Tréherne, 1966). Na linguagem comum, o conceito de som está relacionado com a sensação de audição. Sempre que uma onda sonora atinge o ouvido humano, recetor do som, este produz vibrações na membrana do ouvido (tímpano), provocando uma resposta dos nervos auditivos, processo este conhecido como audição. A ciência que se ocupa dos métodos de geração, propagação e receção do som chama-se Acústica.

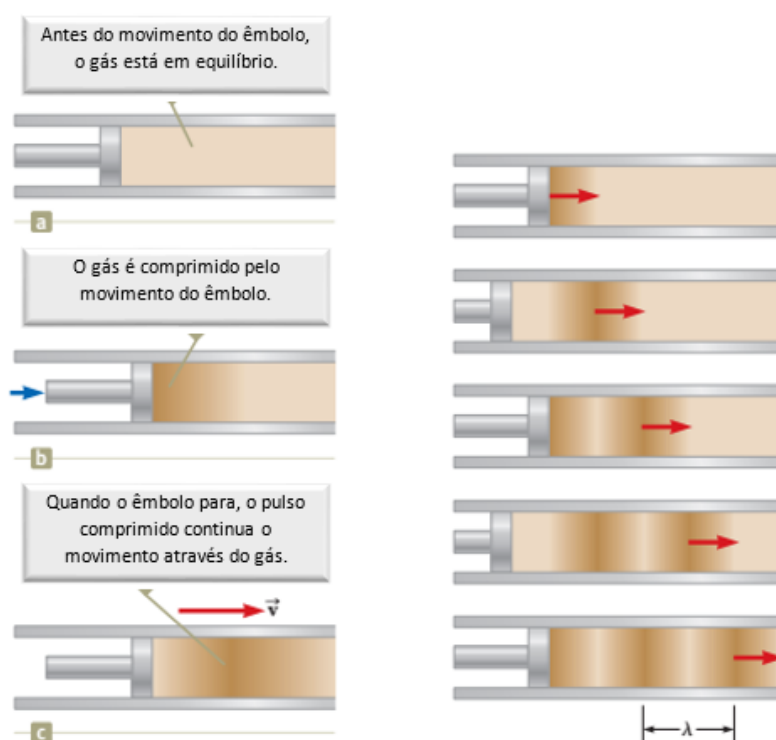
## **Ondas sonoras**

As ondas sonoras são ondas mecânicas que se propagam tridimensionalmente através de meios materiais, no estado sólido, líquido e gasoso. Contudo, as que mais comumente são experienciadas e que resultam na percepção humana da audição são as que se propagam no ar (Serway & Jewett, 2014).

Mediante a vibração de um corpo (por exemplo o percutir de um diapasão ou de uma corda de violino), estabelece-se uma perturbação que é propagada no meio, pela colisão das suas partículas constituintes, mas onde o deslocamento não ocorre de forma imediata em todas as restantes partes desse mesmo meio: o deslocamento inicial originará uma força elástica na sua proximidade; então, as partículas contíguas deslocar-se-ão, depois o farão as imediatamente a seguir e assim sucessivamente. Por outras palavras, a vibração propagar-se-á ao longo do meio com uma determinada velocidade (Sears & Zemansky, 1973). Neste movimento ondulatório é transferida ou propagada energia e quantidade de movimento, desde um ponto do espaço até outro, sem que no entanto ocorra transporte de matéria (Alonso & Finn, 1972; Tipler, 1979).

No caso da propagação do som através do ar, existem elementos de ar que sofrem movimentações relativamente à sua posição de equilíbrio, levando a alterações de pressão e de densidade do ar, na mesma direcção da propagação da onda sonora, constituindo ondas longitudinais. Se a fonte sonora vibrar sinuoidalmente, então as variações de pressão e densidade serão também sinusoidais (Serway & Jewett, 2014; Tipler, 1979).

Embora a propagação das ondas sonoras no ar seja tridimensional, para melhor compreender a forma como a pressão varia é apresentado na figura 3.1 um modelo unidimensional, descrevendo-se primeiro o movimento longitudinal de um pulso sonoro através de um tubo contendo um gás compressível e seguidamente o movimento de uma onda sonora periódica unidimensional, no mesmo tubo, causada pelo movimento harmónico simples do êmbolo.



*Figura 3.1 – (Esquerda) – Movimento de um pulso longitudinal através de um gás compressível. (Direita) – Propagação longitudinal de uma onda através de um tubo cheio de gás, sendo a fonte da onda um êmbolo oscilante (adaptado de Serway & Jewett, 2014, p. 508).*

Na situação do lado esquerdo da figura 3.1, o êmbolo é deslocado da esquerda para a direita de forma a comprimir o gás, criando assim um pulso. Inicialmente, em (a), o gás, não perturbado, está em equilíbrio e apresenta uma densidade uniforme (evidenciada pela cor uniforme). A porção de gás próxima do êmbolo fica comprimida (região mais escura) quando este é deslocado (b). Nessa região, a densidade e a pressão são agora maiores do que na situação inicial, prévia ao deslocamento do êmbolo. Mesmo após o término do deslocamento do êmbolo, a região do gás comprimido continua a mover-se para a direita, correspondendo a um pulso longitudinal viajando ao longo do tubo com uma velocidade finita. Na situação do lado direito, observa-se que a

consequência do movimento harmónico simples do êmbolo (oscilações sinusoidais) é a formação de regiões onde o gás está comprimido, visualizadas pelas zonas mais escuras na imagem e denominadas compressões (a pressão e a densidade são maiores relativamente à situação de equilíbrio), e de regiões onde o gás está expandido, visualizadas pelas zonas mais claras, denominadas rarefações (a pressão e a densidade são menores relativamente à situação de equilíbrio). As primeiras resultam dos movimentos do êmbolo para dentro do tubo e, as segundas, do movimento do mesmo no sentido contrário. Tanto as compressões como as rarefações deslocam-se ao longo do tubo com uma velocidade que é a velocidade do som no meio considerado. A distância entre duas compressões ou rarefações consecutivas equivale ao comprimento de onda ( $\lambda$ ) da onda sonora.

Enquanto a onda propaga-se longitudinalmente, os pequenos elementos constituintes do gás oscilam paralelamente à direcção de propagação da onda, com movimento harmónico simples. A equação que pode traduzir esse movimento em torno de uma posição de equilíbrio ao longo do tempo e que constitui uma onda de deslocamento é:

$$s(x, t) = s_{m\acute{a}x} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{T}\right) = s_{m\acute{a}x} \cos(kx - \omega t) \quad \text{Equação 1}$$

em que  $s_{m\acute{a}x}$  é a amplitude da oscilação, que corresponde à distância máxima da posição de equilíbrio do elemento do gás,  $\lambda$  é o comprimento de onda,  $T$  é o período,  $k$  é o número de onda e  $\omega$  a frequência angular.

Por outro lado, a variação de pressão do gás ( $\Delta P$ ) medida a partir da posição de equilíbrio é também periódica, com o mesmo número de onda e frequência angular da variação da posição dos elementos do gás, podendo traduzir-se a equação de onda de pressão como:

$$\Delta P = \Delta P_{m\acute{a}x} \sin(kx - \omega t) \quad \text{Equação 2}$$

em que  $\Delta P_{m\acute{a}x}$  é a variação máxima de pressão em relação à pressão de equilíbrio, ou amplitude de pressão.

O facto de a Equação 1 ser expressa como uma função cosenoide e da Equação 2 como uma função senoide, prende-se com a verificação de a variação de pressão ser máxima quando os elementos do gás estão nas suas posições de equilíbrio e do



deslocamento destes relativamente a uma posição de equilíbrio ser máximo quando a variação de pressão é nula (figura 3.2). Assim, uma onda sonora pode ser descrita tanto em termos de pressão como das posições dos elementos do gás, estando a onda de pressão desfasada de  $90^\circ$  relativamente à onda de deslocamento, que traduz o deslocamento dos elementos do gás que transmitem a onda (Resnick & Halliday, 1983; Serway & Jewett, 2014).

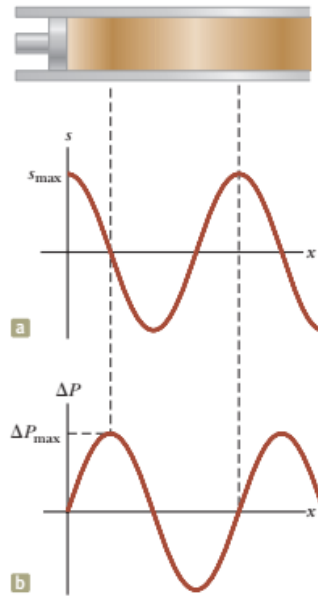


Figura 3.2 – (a) amplitude de deslocamento e (b) amplitude de pressão em função da posição para uma onda sinusoidal longitudinal.

Sendo o módulo de compressibilidade de um gás ( $B$ ) definido como o cociente entre a variação de pressão ( $\Delta P$ ) e a diminuição relativa de volume  $\left(\frac{\Delta V}{V}\right)$ :  $B = -\frac{\Delta P}{\Delta V/V}$ , onde o sinal negativo é utilizado para que  $B$  seja positivo, dado que a um aumento de pressão corresponde sempre uma diminuição de volume (Sears & Zemansky, 1973), pode relacionar-se a amplitude de pressão com a amplitude de deslocamento pela seguinte expressão (Serway & Jewett, 2014):

$$\Delta P_{\text{máx}} = B s_{\text{máx}} k \quad \text{Equação 3}$$

## Velocidade de propagação do som

A velocidade das ondas, e não é exceção o caso das ondas sonoras, depende das propriedades do meio (Tipler, 1979). Mais concretamente, depende de uma propriedade elástica e de uma propriedade inercial do meio de propagação (Resnick & Halliday, 1983; Tipler, 1979).

Usando as leis de Newton aplicadas aos fluídos, consegue deduzir-se uma equação para a velocidade de propagação do som, dependente dessas propriedades. Para o caso do som no ar, considere-se, por simplificação, o tubo cilíndrico com um gás compressível e um êmbolo já referido anteriormente, onde a propagação é unidimensional e se analisa apenas um pulso de onda longitudinal produzido por um movimento repentino do êmbolo. Esse tubo está novamente representado na figura 3.3.

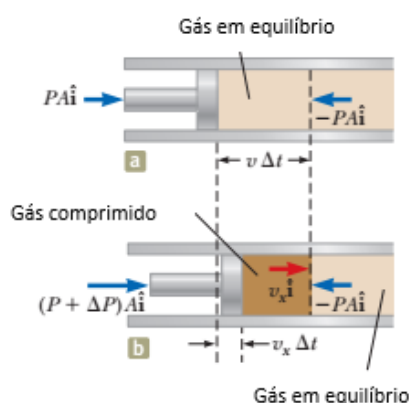


Figura 3.3 – (a) Elemento de gás em equilíbrio de comprimento  $v\Delta t$  num tubo de área de secção transversal  $A$ . (b) Movimento do elemento de gás com velocidade  $v_x$ , constante e igual à velocidade do êmbolo, por ação de uma força momentânea adicional do lado esquerdo (Adaptado de Serway & Jewett, 2014, p. 510).

Tenha-se em conta o elemento de volume cilíndrico de gás confinado entre o êmbolo e a linha a tracejado. Inicialmente, em (a), esse elemento está em equilíbrio por ação de forças de igual intensidade e sentido contrário, mas uma por ação do êmbolo à esquerda e outra por ação do restante gás à direita. A intensidade dessas forças é dada por  $PA$ , (onde  $P$  é a pressão do gás e  $A$  a área da secção transversal do tubo).

Empurrando o êmbolo para a direita por ação de uma força adicional momentânea aplicada a partir da esquerda durante um intervalo de tempo  $\Delta t$  curto, a uma velocidade constante  $v_x$ , muito menor que a velocidade do som no gás  $v$ ,

considera-se que a intensidade da força aplicada no êmbolo aumenta para  $(P + \Delta P)A$ . No fim do intervalo de tempo em que durou a aplicação da força, o volume deslocado pelo cilindro com velocidade  $v_x$ , é  $\Delta V_i = v_x \Delta t \cdot A$ . Como o movimento infinitesimal do êmbolo transmite-se às partículas do fluido por choques destas com o êmbolo e entre si, cria-se uma zona de alta pressão que se propaga no cilindro à velocidade  $v > v_x$ . Assim, esta onda sonora ter-se-á deslocado a distância  $v\Delta t$  nesse intervalo de tempo, ou seja, define o extremo do elemento de gás com alta densidade, cujo volume  $V_i$  é dado por  $V_i = v\Delta t \cdot A$ . Já o restante gás permanece em equilíbrio, dado que a onda sonora ainda não chegou lá.

Estabelecendo que a quantidade de movimento (momento) do fluido é igual ao impulso que atua sobre o mesmo, devido ao aumento de pressão durante o intervalo de tempo  $\Delta t$ , temos:

$$\Delta \vec{p} = \vec{I} \quad \text{Equação 4}$$

Quanto ao impulso, este pode ser dado por

$$\vec{I} = \sum \vec{F} \Delta t = (A\Delta P\Delta t)\hat{i}$$

Atendendo à expressão do módulo de compressibilidade, pode escrever-se

$$\Delta P = -B \frac{\Delta V}{V_i} = -B \frac{(-v_x A \Delta t)}{v A \Delta t} = B \frac{v_x}{v}$$

e assim, o impulso vem

$$\vec{I} = \left( AB \frac{v_x}{v} \Delta t \right) \hat{i} \quad \text{Equação 5}$$

Já a variação do momento é dada por:

$$\Delta \vec{p} = m\Delta \vec{v} = (\rho V_i)(v_x \hat{i} - 0) = (\rho v v_x A \Delta t) \hat{i} \quad \text{Equação 6}$$

Substituindo as Equações 5 e 6 na Equação 4, vem que:

$$\rho v v_x A \Delta t = AB \frac{v_x}{v} \Delta t$$

que pode ser reduzida a uma expressão que dá a velocidade de propagação do som num gás (Serway & Jewett, 2014), sendo  $B$  a propriedade elástica e  $\rho$ , a densidade mássica, a propriedade inercial:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad \text{Equação 7}$$

No quadro 3.1, apresentam-se os valores para a velocidade do som em diferentes meios. Num determinado meio, a velocidade do som depende também da temperatura. No ar, por exemplo, a relação entre a velocidade do som e a temperatura é dada por:

$$v = 331 \sqrt{1 + \frac{T_C}{273}} \quad \text{Equação 8}$$

com a velocidade  $v$  em metro por segundo ( $m/s$ ), sendo  $331 m/s$  o valor da velocidade do som no ar à temperatura de  $0^\circ C$  e  $T_C$  a temperatura em graus Celsius (Serway & Jewett, 2014).

Quadro 3.1 – *Valores de velocidade do som em diferentes meios materiais (Adaptado de Serway & Jewett, 2014, p. 512).*

Meio	$v$ (m/s)	Meio	$v$ (m/s)	Meio	$v$ (m/s)
<b>Gases</b>		<b>Líquidos a <math>25^\circ C</math></b>		<b>Sólidos</b>	
Hidrogénio ( $0^\circ C$ )	1286	Glicerol	1 904	Vidro Pyrex	5 640
Hélio ( $0^\circ C$ )	972	Água do mar	1 533	Ferro	5 950
Ar ( $0^\circ C$ )	343	Água	1 493	Alumínio	6 420
Ar ( $20^\circ C$ )	331	Mercúrio	1 450	Bronze	4 700
Oxigénio ( $0^\circ C$ )	317	Querosene	1 324	Cobre	5 010
		Alcoól metílico	1 143	Ouro	3 240
		Tetracloreto carbono	926	Lucite	2 680
				Chumbo	1 960
				Borracha	1 600

Tendo uma expressão para a velocidade do som (Equação 7), pode exprimir-se a relação entre a amplitude de pressão e amplitude de deslocamento dada pela Equação 3 de uma nova forma:

$$\Delta P_{\text{máx}} = B s_{\text{máx}} \left( \frac{\omega}{v} \right) = \rho v \omega s_{\text{máx}} \quad \text{Equação 9}$$

que é de maior utilidade, visto o valor da densidade do gás  $\rho$  ser mais acessível do que o seu módulo de compressibilidade (Serway & Jewett, 2014).

## **Atributos do som**

A impressão auditiva permite distinguir três qualidades fisiológicas essenciais do som a que podemos designar atributos do som. São eles a altura do som, que distingue sons graves ou baixos de agudos ou altos, a intensidade do som, que distingue sons fracos de fortes e o timbre, que distingue sons com a mesma intensidade e altura produzidos por fontes sonoras diferentes (Dessart, Jodogne & Jodogne, 1972).

### **Altura**

A altura está relacionada com a frequência do som, ou seja da frequência da vibração da fonte sonora que se propaga num meio, que não é mais do que o número de vibrações por unidade de tempo. No ar, essas vibrações resultam em variações de pressão no mesmo ponto, podendo a pressão ser ora maior ora menor que a pressão atmosférica, seguindo a mesma lei do movimento harmónico simples, com a mesma frequência, de um elemento de ar suficientemente pequeno para ser considerado partícula (Sears & Zemansky, 1973). É o atributo que nos permite distinguir os sons graves dos agudos: a baixas frequências correspondem sons baixos ou graves, e a altas frequências correspondem sons altos ou agudos, sendo o ouvido humano muito sensível a pequenas variações de frequência.

### **Intensidade**

A intensidade do som é o atributo que permite distinguir sons fortes de sons fracos e é atribuível à energia com que as vibrações impressionam o órgão de percepção – recetor (Dessart, Jodogne & Jodogne, 1972).

Uma propriedade importante das ondas é que transportam energia e quantidade de movimento. O transporte de energia por uma onda é dado normalmente em função da intensidade da onda, definida como a potência média à qual esta transfere energia por unidade de área perpendicular à direção de propagação, ou seja, a intensidade num ponto qualquer de uma onda é a energia incidente média por unidade de tempo e por unidade de área (Tipler, 1979), cuja unidade S.I. é o watt por metro quadrado ( $W/m^2$ ):

$$I = \frac{Pot_{m\u00e9dia}^*}{A} \quad \text{Equa\u00e7\u00e3o 10}$$

\* - A pot\u00eancia refere-se normalmente pela letra P, mas optou-se por simbolizar por Pot, de forma a n\u00e3o confundir com a grandeza press\u00e3o, tamb\u00e9m referida nesta fundamenta\u00e7\u00e3o.

Considere-se novamente o elemento de g\u00e1s atuado pelo \u00eembolo na figura 3.1. Se o \u00eembolo deslocar-se para tr\u00e1s e para a frente com movimento harm\u00f3nico simples de frequ\u00eancia angular  $\omega$  e o comprimento do elemento do g\u00e1s for tido como t\u00e3o pequeno que todo ele se mova \u00e0 mesma velocidade do \u00eembolo, ent\u00e3o pode considerar-se esse elemento como uma part\u00edcula na qual o \u00eembolo realiza trabalho. A taxa temporal \u00e0 qual o \u00eembolo realiza trabalho no elemento \u00e9 a pot\u00eancia, que pode ser dada por:

$$Pot = \vec{F} \cdot \vec{v}_x \quad \text{Equa\u00e7\u00e3o 11}$$

A for\u00e7a  $\vec{F}$  aplicada ao elemento de g\u00e1s est\u00e1 relacionada com a press\u00e3o e a velocidade  $\vec{v}_x$  do elemento \u00e9 a derivada da fun\u00e7\u00e3o que traduz o deslocamento, logo

$$\begin{aligned} Pot &= [\Delta P(x, t)A] \hat{i} \cdot \frac{\partial}{\partial t} [s(x, t) \hat{i}] \\ &= [\rho v \omega A s_{m\u00e1x} \sin(kx - \omega t)] \left\{ \frac{\partial}{\partial t} [s_{m\u00e1x} \cos(kx - \omega t)] \right\} \\ &= [\rho v \omega A s_{m\u00e1x} \sin(kx - \omega t)] [\omega s_{m\u00e1x} \sin(kx - \omega t)] \\ &= \rho v \omega^2 A s_{m\u00e1x}^2 \sin^2(kx - \omega t) \end{aligned}$$

Determine-se a pot\u00eancia m\u00e9dia ao longo de um per\u00edodo de oscila\u00e7\u00e3o: para qualquer valor de  $x$  considerado (escolha-se  $x = 0$ ), tem-se que o valor m\u00e9dio de  $\sin^2(kx - \omega t)$  para esse intervalo de tempo (o per\u00edodo  $T$ ) \u00e9:

$$\frac{1}{T} \int_0^T \sin^2(0 - \omega t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \sin^2 \omega t dt = \frac{1}{T} \left[ \frac{t}{2} + \frac{\sin 2\omega t}{2\omega} \right]_0^T = \frac{1}{2}$$

Desta forma,

$$Pot_{m\u00e9dia} = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 A s_{m\u00e1x}^2 \quad \text{Equa\u00e7\u00e3o 12}$$

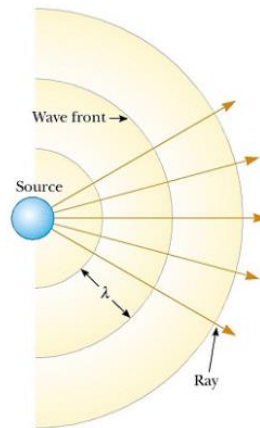
e, substituindo esta equa\u00e7\u00e3o na Equa\u00e7\u00e3o 10, a intensidade \u00e9 ent\u00e3o dada por

$$I = \frac{1}{2} \rho v (\omega s_{m\u00e1x})^2 \quad \text{Equa\u00e7\u00e3o 13}$$

onde se verifica que a intensidade de uma onda sonora periódica é proporcional ao quadrado da amplitude de deslocamento e ao quadrado da frequência angular. Atendendo à Equação 9, pode escrever-se a equação 13 em termos da amplitude da pressão (Serway & Jewett, 2014):

$$I = \frac{(\Delta P_{\text{máx}})^2}{2\rho v} \quad \text{Equação 14}$$

Tendo em conta que o som propaga-se na maior parte dos casos tridimensionalmente, como no ar, considere-se a situação de uma fonte sonora que emita uniformemente em todas as direções (figura 3.4).



*Figura 3.4* – Ondas esféricas emitidas por uma fonte sonora pontual (adaptado de Serway & Jewett, 2014, p. 513).

Se o ar envolvente à fonte for perfeitamente uniforme, a potência sonora radiada em todas as direções é a mesma, bem como a velocidade do som, resultando uma onda esférica. Na figura 3.4, as ondas esféricas estão evidenciadas por uma série de arcos concêntricos cujo centro é a fonte, arcos esses que representam superfícies onde a fase da onda é constante, designada frente de onda. O comprimento de onda  $\lambda$  é a distância radial entre duas frentes de onda e as linhas radiais representam a direção e sentido da propagação da onda, sendo designados de raios (Serway & Jewett, 2014).

A potência média emitida pela fonte distribui-se uniformemente por cada frente de onda esférica de área  $4\pi r^2$ . Assim, a intensidade da onda é dada por:

$$I = \frac{Pot_{\text{média}}}{A} = \frac{Pot_{\text{média}}}{4\pi r^2} \quad \text{Equação 15}$$

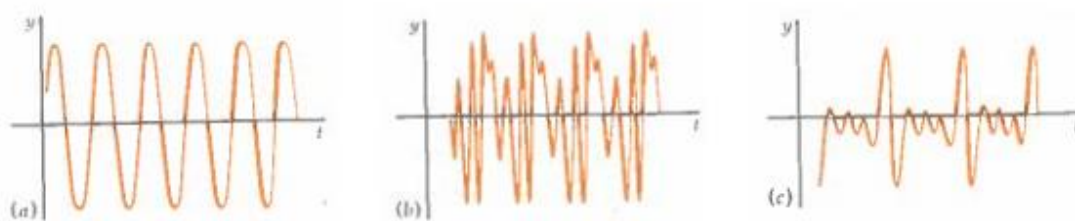
variando na razão inversa do quadrado da distância à fonte (Cessac & Tréherne, 1966; Serway & Jewett, 2014). Para a mesma fonte e no mesmo ponto, a intensidade do som é maior quando é dirigido numa só direção, relativamente à situação em que se propaga em todas as direções.

### **Timbre**

Dois sons com a mesma altura e intensidade afiguram-se-nos diferentes quando são emitidos por fontes sonoras diferentes (Bruhat & Foch, 1964; Cessac & Tréherne, 1966; Dessart, Jodogne & Jodogne, 1972). Por exemplo, a mesma nota musical produzida por instrumentos diferentes, como um piano, um violino, um clarinete ou uma trompete é distinguida claramente pelo ouvido humano devido a terem timbres diferentes, que resultam da emissão, por esses instrumentos, de sons designados complexos. O timbre está assim relacionado com a complexidade das vibrações que produzem o som, que por sua vez dependem da fonte sonora e do modo como as vibrações são produzidas.

Um movimento vibratório complexo pode ser considerado como o resultado da superposição de uma certa quantidade de movimentos vibratórios simples (sinusoidais), resultando numa função periódica não sinusoidal (Cessac & Tréherne, 1966). Nomeadamente (aplicando o teorema de Fourier), um movimento vibratório complexo de frequência  $n$  pode ser considerado como o resultado da superposição de um certo número de movimentos vibratórios sinusoidais de frequências  $kn$ , (com  $k$  inteiro), tendo cada um uma amplitude e uma fase inicial características. É o caso dos sons complexos: o mais grave dos sons simples ( $k = 1$ ) é designado de som fundamental, impondo-se a sua frequência no som complexo resultante, e os restantes ( $k > 1$ ) são designados de harmónicos. O timbre de cada som depende então do número e da intensidade relativa dos harmónicos que acompanham o som fundamental, mas não depende das suas diferenças de fase (Bruhat & Foch, 1964; Cessac & Tréherne, 1966). Como exemplo, são representadas na figura 3.5 as formas das ondas periódicas produzidas por instrumentos musicais diferentes com a mesma frequência e intensidade aproximadamente igual. Repare-se que a onda produzida pelo diapasão é a única que corresponde a um som puro (vibração simples, traduzida por um movimento harmónico simples) traduzindo as outras duas ondas sons complexos.





*Figura 3.5 – Formas das ondas de: (a) um diapasão; (b) um clarinete e (c) uma trompete, todas correspondentes a uma frequência de 440 Hz e intensidade aproximadamente igual (Adaptado de Tipler, 1979, p. 622).*

### **O espectro sonoro e a audição humana**

Nem todas as ondas sonoras são audíveis pelo ser humano. Por um lado, em termos de frequência, só as que se encontram entre os 20 Hz e os 20000 Hz conseguem ser percebidas pelo ouvido humano (ainda que este intervalo varie de pessoa para pessoa). Define-se espectro sonoro como o conjunto de todas as frequências das ondas sonoras, que se divide em três categorias: o conjunto de frequências entre os 0 Hz e os 20 Hz designa-se por infrassons, entre os 20 Hz e os 20000 Hz temos os sons audíveis e as frequências maiores que 20000 Hz constituem os ultrassons (Resnick & Halliday, 1983).

Mesmo no intervalo audível de frequências, é necessário um limite mínimo de intensidade sonora a cada frequência para que o som seja detetado pelo ouvido, designado limiar de audição. O som mais fraco que o ouvido consegue detetar a uma frequência de 1000 Hz tem intensidade  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  e o som mais forte que o ouvido consegue tolerar sem sentir dor nessa mesma frequência é de cerca de  $1 \text{ W/m}^2$ , designado limiar de dor. Pela substituição destes valores na Equação 14, verifica-se que correspondem a flutuações de pressão entre  $2,92 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$  e  $29,2 \text{ N/m}^2$ , considerando a densidade do ar  $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$  e  $v_{\text{som}} = 331 \text{ m/s}$  (Tipler, 1979). O ouvido é assim sensível a um leque enorme de valores de intensidade do som e de variações de pressão que, podendo ser pequenas, sobrepõem-se à pressão atmosférica que é de aproximadamente  $10^5 \text{ N/m}^2$  (Serway & Jewett, 2014; Tipler, 1979).

Dada a extensão tão vasta de valores de intensidade a que o ouvido é sensível e como a sensação fisiológica do som não varia de forma direta com a intensidade, é mais

cómodo e conveniente utilizar uma escala logarítmica, definida como a escala de nível de intensidade sonora  $\beta$ , cuja unidade é o decibel ( $dB$ ) e que se traduz por:

$$\beta = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad \text{Equação 16}$$

onde  $I$  é a intensidade, em  $W/m^2$ , a que corresponde o nível de intensidade sonora  $\beta$  e  $I_0$  a intensidade, em  $W/m^2$ , tomada como referência e de valor  $10^{-12} W/m^2$ , que corresponde ao som mais fraco percebido pelo ouvido a uma frequência de  $1000 Hz$ . Nesta escala, o limiar de audição é de  $0 dB$  e o limiar de dor é de  $120 dB$ , para essa frequência (Serway & Jewett, 2014; Tipler, 1979).

Constata-se, no entanto, que para outras frequências, o limiar de audição não corresponde a  $0 dB$ , sendo os sons mais fracos apenas detetado pelo ouvido a níveis de intensidade sonora maiores. Não há, por isso, uma relação simples e direta entre as medições físicas e as sensações fisiológicas do som, embora para o limiar de dor se verifique que, dada a resposta psicológica a níveis de intensidade sonora elevados, este valor parece ser independente da frequência e se situe por volta dos  $120 dB$ .

## **Fundamentação didática**

### **Contextualização e enquadramento curricular**

O novo paradigma na educação e no ensino, resultante da alteração de estratégia por parte do Ministério da Educação no que toca à forma e metodologia de ensino, nomeadamente pela revogação do Currículo Nacional do Ensino Básico (ME/DEB, 2001) e pela introdução das Metas Curriculares do 3.º Ciclo do Ensino Básico, (Fiolhais et al., 2013), em paralelo com as Orientações Curriculares para o 3.º ciclo do Ensino Básico: Ciências Físicas e Naturais que vigoram desde 2002 nas escolas portuguesas (Galvão et al., 2001), tem criado na comunidade educativa em geral, e em particular nos professores, algumas reticências e ambiguidades relativamente ao modo como conduzir os seus alunos no processo de ensino e aprendizagem em sala de aula, dado que as Orientações Curriculares partiam de uma abordagem macro e as Metas Curriculares fazem uso de uma abordagem micro e mais abstrata.

De facto, os documentos orientadores privilegiavam a autonomia do professor na escolha de processos e na gestão curricular flexível, com o fim de se desenvolverem para além da assimilação de conteúdos, várias competências em ambientes de aprendizagem diversos e a literacia científica dos alunos, não sendo por isso designados de “Programa” (Galvão et al., 2001). No ano letivo 2014/2015, foram introduzidas no 3.º ciclo as Metas Curriculares que, embora foquem na sua Introdução que “as metas têm por base os elementos essenciais das Orientações Curriculares” (p. 1), estabelecem objetivos gerais e específicos (descritores) a serem atingidos e passíveis de serem avaliados. De ressaltar, que ainda na sua Introdução, este último documento, salienta que os conteúdos lecionados “deverão ser integrados, sempre que possível e adequado, numa perspetiva de ligação com a sociedade, que tão transformada tem sido pela ciência e pela tecnologia, e com o dia-a-dia dos alunos” (p. 1), aludindo a uma abordagem CTS e uma consciência da presença da ciência no quotidiano ainda referindo que “capacidades como o raciocínio e a comunicação são essenciais para o cumprimento dos objetivos” (p. 1).

Perante este momento de transição e de adaptação, é necessário refletir sobre o papel que o professor tem como pedagogo, educador e construtor de consciências sociais ativas e despertas. Deve assim continuar a fazer uso das suas competências e formação para realizar as mais diversas estratégias que potenciem e promovam o desenvolvimento de várias competências dos seus alunos, no sentido do seu desenvolvimento como um todo, cognitivo, comportamental e emocional, preparando-o para ser um cidadão atento, participativo e consciente.

Assim, nesta proposta didática, tenta-se não só ir ao encontro das Metas Curriculares estabelecidas e das Orientações Curriculares para a temática do som, como também preconizar algumas das diretivas enunciadas no extinto Currículo Nacional do Ensino Básico, ligadas à promoção da literacia científica, extraindo as mais-valias de cada documento, destacando-se para além da transmissão de conhecimentos, o desenvolvimento de diversas competências em diferentes domínios, como o conhecimento processual, o conhecimento substantivo, o raciocínio, a comunicação e as atitudes (Galvão et al., 2001). Como é preconizado pelas Orientações Curriculares:

o desenvolvimento de competências nestes diferentes domínios exige o envolvimento do aluno no processo ensino aprendizagem, o que lhe é proporcionado pela vivência de experiências educativas diferenciadas. Estas vão de encontro, por um lado, aos seus interesses pessoais e, por

outro, estão em conformidade com o que se passa à sua volta (Galvão et al., 2001, p. 6)

Essas experiências fazem uso de processos que a ciência utiliza – como o observar, recolher e organizar informação e material, planificar e desenvolver pesquisas diversas, comunicar os resultados dessas pesquisas, realizar atividade experimental, participar em inquéritos, baseados em evidência e raciocínio, ou na resolução de problemas em que a argumentação e a comunicação são situações inerentes, para além da já referida participação em trabalho cooperativo, configurando ser, todos eles, um valioso contributo para o desenvolvimento do indivíduo (ME/DEB, 2001).

A temática do som é abordada ao longo dos diferentes níveis de ensino, nomeadamente nos 1.º e 2.º ciclos do ensino básico, em diferentes disciplinas e/ou áreas curriculares, mas de forma muito geral e pouco abrangente. É só no 3.º ciclo, mais concretamente no 8.º ano e na disciplina de Ciências Físico-Químicas, que o som e a acústica têm um domínio ou capítulo inteiro dedicado ao seu estudo, ainda assim adequado ao nível etário dos alunos (o tema volta a ser abordado no ensino secundário, mas não para a globalidade dos alunos, restringindo-se aos que seguem o Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias).

De acordo com as Metas Curriculares, este domínio está dividido em quatro subdomínios: Produção e propagação do som; Som e ondas; Atributos do som e sua deteção pelo ouvido humano e Fenómenos acústicos. Destes, excluiu-se o último da proposta didática, tendo sido contudo lecionado, fora do âmbito deste trabalho. Apresenta-se na figura 3.6. o esquema organizador dos conteúdos e conceitos científicos abordados relativamente à temática do som e a relação existente entre eles (os conceitos não lecionados no âmbito da intervenção são os que se encontram com a cor branca):



## **Dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas dos alunos sobre o som**

O som, apesar de ser um fenómeno presente no dia-a-dia, constitui, no que toca à sua compreensão, uma dificuldade para os alunos (Hrepic, Zollman & Rebello, 2010). Neste campo das dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas dos alunos sobre o som, existe vasta literatura, optando-se por fazer uma síntese das que se referem aos alunos da faixa etária onde se encontram os que participam neste trabalho. Assim, relativamente à audição do som, produção do som, propagação do som, velocidade do som e fenómenos acústicos, enumeram-se algumas dificuldades e concepções.

Quanto à audição, as dificuldades referidas prendem-se em associar a receção do som ao ouvido, em compreender que o som se propaga da fonte sonora até ao recetor e em identificar a distância que os separa; de igual forma, salienta-se as dificuldades em associar o tímpano à audição, em conhecer a composição e estrutura do ouvido e em associar a necessidade do som entrar no ouvido e deste ter de ser transmitido ao cérebro para que seja percecionado. Adicionalmente, a perceção do que é uma onda sonora e a associação da mesma ou da vibração com a audição do som e que este entra no ouvido, mostra ser uma dificuldade para os alunos (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1994).

Relativamente à produção do som, as dificuldades traduzem-se em explicar como se produzem os sons, em compreender que a produção do som é devida à vibração do material e que essa vibração propaga-se num determinado meio até ao recetor do som e em explicar a produção e propagação do som em diferentes contextos (diferentes fontes sonoras e diferentes meios de propagação). São identificadas também algumas concepções que os alunos revelam neste campo, como são exemplo a associação do som apenas às características da fonte sonora, como a espessura, dureza ou tipo de material, a associação do som a algo que pertence a um objeto ou a uma ação e a associação do local da produção do som ao interior ou superfície de um objeto (Driver et al., 1994).

Já no que concerne à natureza e propagação do som, o modelo do som como partícula é o grande rival do modelo cientificamente aceite. Ao encarar-se o som como algo material, feito de partículas, ondas sonoras ou algo indefinido, com capacidade para se deslocar, os alunos revelam uma incapacidade em aceitar algo que não tenha uma existência material própria (Hrepic et al., 2010; Leite & Afonso, 1999). Na

propagação do som pelo ar, as dificuldades relacionam-se com a falta de capacidade de perceber o ar como meio material onde o som se propaga, em compreender os fenômenos submicroscópicos que ocorrem durante a propagação do som (noção de onda de pressão, com zonas de compressão do ar - maior energia, e rarefação – menor energia e que ocorre transferência de energia) e em compreender a propagação ao nível macro (Driver et al., 1994). Quanto às concepções, estas prendem-se com a ideia de que há a necessidade de existência de um caminho desobstruído para o som se propagar, com a associação do som a um objeto com dimensões que requer espaço para se movimentar e na associação do ar ao vazio e, como tal, à ideia que o som se propaga no vazio, podendo este até facilitar a sua propagação, enquanto essa propagação será mais difícil nos líquidos e mais ainda nos sólidos (Driver et al., 1994; Hrepic et al., 2010; Leite & Afonso, 1999; Linder & Erickson, 1989). Alguns alunos consideram ainda que o som propaga-se apenas em meios gasosos ou líquidos, pois embora precisem de um meio material para se propagar, esse meio não pode ser muito denso, não se propagando por isso em meios sólidos, pelo menos nos mais densos (Leite & Afonso, 1999). Outros há que consideram que o som apenas se propaga no ar (Leite & Afonso, 1999; Linder & Erickson, 1989), e outros ainda que o som não interfere com o meio envolvente (Leite & Afonso, 1999).

As dificuldades reveladas sobre as propriedades do som são as de distinguir altura do som de intensidade do som, distinguir velocidade do som de intensidade do som e em associar as características da representação sinusoidal da onda de pressão às propriedades do som (Driver et al., 1994).

No que se refere à velocidade de propagação do som, Leite e Afonso (1999) referem a concepção de alguns alunos de que o som propaga-se à mesma velocidade em todos os meios, dependendo apenas das condições de produção do som e da existência de obstáculos na sua propagação. Nesse estudo, as autoras identificam também que há alunos que fazem depender a velocidade de propagação do som das condições materiais envolventes: alguns associam uma maior velocidade à maior densidade do meio (maior concentração de partículas) e outros, contrariamente, associam uma menor velocidade. Muitas das dificuldades e concepções referidas anteriormente, levam também a uma grande dificuldade na determinação do valor da velocidade de propagação do som e na compreensão do seu significado, dado ser necessário compreender que o som percorre uma dada distância entre a fonte e o recetor num determinado intervalo de tempo,

dependendo o seu cálculo do conhecimento ou determinação dessas grandezas (Driver et al., 1994).

Finalmente, quanto aos fenômenos acústicos, as dificuldades detetadas são as de compreender que o som pode ser refletido e consequentemente compreender os fenômenos do eco, ressonância e reverberação e a determinação da distância percorrida pelo som numa situação em que ocorra eco, como duas vezes a distância que separa a fonte da superfície refletora, dada a não compreensão da reflexão do som. Existe também a concepção que se traduz na associação da absorção do som a todos os fenômenos acústicos (Driver et al., 1994).

### **Organização da proposta didática**

A proposta didática visa conciliar o ensino dos conceitos do tema ou domínio temático – o som – de uma forma que também estimule e promova o desenvolvimento de outras competências promotoras da sua literacia científica e do seu crescimento como indivíduos (seres pessoais e sociais), fazendo uso de uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade e Ambiente (CTSA), dotando-os de maior sentido de cidadania, aliás como preconizado no enquadramento curricular. Assim, no desenho das tarefas, teve-se em conta esta abordagem, que contempla para além da dimensão cognitiva, uma dimensão comportamental, recorrendo à utilização de problemas atuais e procurando promover o pensamento crítico dos alunos. Esta abordagem treina competências e procura aplicá-las, juntamente com conhecimentos científicos, a contextos reais, prestando um valioso contributo, a médio prazo, para a literacia científica dos cidadãos e uma melhoria na compreensão de questões relacionadas com a tecnologia e com a sociedade (Fontes & Silva, 2004).

O professor deve analisar a pertinência das tarefas a aplicar de acordo com as características dos seus alunos, integrar os saberes adquiridos com uma sequência de aprendizagens e experiências futuras, colocar hipóteses sobre o tipo de tarefas e atividades que pretende desenvolver, inventariando modos possíveis de organizar a sua estratégia e comparando as suas eventuais possibilidades face à situação analisada. Em seguida, de entre as hipóteses equacionadas, deve selecionar as que oferecem melhores possibilidades de conduzirem a aprendizagens significativas nos seus alunos,



organizando o modo como a leção se vai operacionalizar nos seus diferentes passos – tarefas – e a sua organização – espaço, tempo, intervenientes e recursos. Por fim, através da observação participante e sua análise, e pela reflexão que faz, o professor gere todo o processo de desenvolvimento posto em ação. Pode assim decidir sobre a estratégia global e subestratégias, bem como as etapas do seu desenvolvimento, mediante uma constante análise do que vai ocorrendo, confrontando-as com os objetivos e competências visadas. Promove-se desta forma uma gestão curricular que implica uma (re)construção do currículo, que tem em conta os alunos e as suas condições de trabalho, tarefas desenhadas e articuladas entre si, com um contexto real e próximo dos alunos, o que permite uma maior motivação na sua realização e dar significado ao trabalho que realizam, estando centradas no aluno e nas suas aprendizagens, construindo o seu conhecimento (Ponte, 2005).

Foi assente nestes princípios orientadores que a proposta didática deste trabalho foi elaborada, tendo presente que uma estratégia de ensino é definida como “uma conceção global, intencional e organizada, de uma ação ou conjunto de ações tendo em vista a consecução das finalidades de aprendizagem visadas” (Roldão, 2009, p. 68).

A proposta didática foi concebida para ser implementada com um conjunto de cinco tarefas a uma turma de 20 alunos do 8.º ano de escolaridade, ao longo de dezasseis aulas de 45 minutos, entre os dias cinco de fevereiro e dezoito de março de 2016 (para além das tarefas, duas das aulas estão previstas para exposição de conteúdos, outras duas para a resolução de exercícios e revisões para um teste de avaliação, e outras duas para a realização de um teste, sua entrega e correção). Uma de cada uma das três aulas semanais é realizada em turnos, onde a turma se divide, ficando cada turno com dez alunos. Todas as tarefas realizam-se em grupo, havendo seis grupos, constituídos por três ou quatro elementos, criados de acordo com as características da turma, no geral, e de cada aluno em particular. É nomeado em cada grupo um elemento coordenador, dinamizador e responsável pela atividade do mesmo. Em termos de duração, as tarefas estão todas planeadas para serem realizadas, cada uma, em duas aulas.

Em termos de momentos de aula na aplicação das tarefas, quatro das cinco tarefas dividem-se em quatro momentos: *introdução da tarefa*, em que o professor apresenta e contextualiza a tarefa, esclarecendo os objetivos da mesma e alguma dúvida que possa advir do enunciado e dos termos utilizados, motivando o aluno para a realização da mesma; *trabalho autónomo dos alunos*, em que estes, divididos em

pequenos grupos, trabalham colaborativamente mas sem a ajuda do professor, que no entanto os pode orientar; *discussão coletiva*, onde se analisam em grande grupo (turma) as respostas dadas pelos alunos e se tentam ultrapassar as dificuldades e incorreções que tenham surgido no trabalho autónomo, chegando-se ao objetivo inicial da tarefa e a *síntese*, onde após a discussão, o professor sumaria os aspetos mais relevantes a reter das aprendizagens realizadas e, se adequado, procede à generalização (extra contexto da tarefa) dos conceitos aprendidos, podendo propor um novo desafio mais abrangente (Fujii, 2013; Melo, 2007; Ponte, Quaresma & Branco, 2011). O momento de aula que se refere ao trabalho autónomo dos alunos, permite-lhes desenvolver a sua autonomia, bem como estimular os seus processos de raciocínio e o trabalho colaborativo efetivo. Dependendo da tarefa realizada, dado que estas dividem-se em mais do que uma parte, realizam-se mais que um momento de trabalho autónomo e de discussão coletiva.

A quinta tarefa consiste num *role-play* ou jogo de papéis. Também neste tipo de tarefa a discussão é fundamental. Segundo Dillon (1994), citado por Reis (2004), “ a discussão é uma forma particular de interação em grupo na qual os membros se juntam para abordar uma questão do interesse comum, algo que necessitam de compreender, apreciar ou decidir” (p. 1). Tem também de haver a apresentação de mais do que um ponto de vista sobre o assunto em causa, a disponibilidade para examinar e reagir aos diferentes pontos de vista apresentados, a ausência de dogmatismos, a partilha de um respeito recíproco, a preocupação com a coerência dos argumentos apresentados e a intenção de desenvolver o conhecimento e a compreensão do assunto em discussão (Bridges, 1988 e Dillon, 1994 citados por Reis, 2004). Assim, promovem-se aprendizagens através da expressão e exploração de ideias, opiniões e vivências, num ambiente de cooperação onde a discussão não é encarada como combate verbal, mobilizando recurso de todo o grupo para o aumento do conhecimento e a compreensão de um dado assunto ou resolução de um problema (Reis, 2004). O papel do professor é fundamental para que as aprendizagens realizadas sejam efetivas e na condução de todo o processo, garantindo a mobilização das competências referidas e a retenção dos conhecimentos e conteúdos que se pretende que os alunos alcancem.

A planificação de cada uma das tarefas, com a sequência dos momentos de aula a seguir, encontra-se no Apêndice A. Cada planificação contempla os seguintes itens: tarefas e atividades de aprendizagem (os momentos de aula); duração esperada; atividades dos alunos e possíveis dificuldades; respostas do professor e aspetos a ter em

atenção; objetivos e avaliação dos alunos e recursos necessários, tendo-se seguido a estrutura de planificação proposta por Roback et al. (2006). Os guiões das tarefas constituem o Apêndice B. Apresenta-se no quadro 3.2 a sequência das aulas e tarefas com os tópicos abordados e os principais objetivos de aprendizagem, sobretudo ao nível do conhecimento substantivo.

Quadro 3.2 – Sequência das aulas lecionadas no âmbito das tarefas realizadas sobre o som.

<b>TAREFA</b>	<b>TÓPICO</b>	<b>OBJETIVOS</b>
<b>Tarefa 1</b> (5 e 16 de fevereiro)	Produção, Propagação e Receção do som	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecer como o som é produzido, que este se propaga através de um meio material e que necessita de um recetor para ser percecionado.</li> </ul>
<b>Tarefa 2</b> (17 e 19 de fevereiro)	Velocidade de propagação do som no ar e noutros meios materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concluir que o som se propaga no ar a uma velocidade constante de 340m/s e interpretar o seu significado.</li> <li>• Indicar que a velocidade de propagação do som é em geral maior nos meios materiais sólidos do que nos líquidos e maior nos líquidos do que nos gases.</li> </ul>
<b>Tarefa 3</b> (24 e 26 de fevereiro)	Atributos do som – Altura, Intensidade e Timbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Associar os termos ALTO e BAIXO a um atributo designado ‘altura’ no contexto do som e os termos FORTE e FRACO a um atributo designado intensidade do som.</li> <li>• Associar a altura do som à frequência da onda sonora e a intensidade do som à amplitude da onda sonora.</li> <li>• Relacionar os sons altos ou agudos com elevadas frequências, sons baixos ou graves com baixas frequências, sons fortes com sons cuja amplitude da onda sonora é elevada e sons fracos sons cuja amplitude da onda sonora é baixa.</li> <li>• Conhecer que o timbre é um atributo do som que permite distinguir sons de igual amplitude e altura produzidos por fontes sonoras diferentes.</li> </ul>
<b>Tarefa 4</b> (9 e 11 de março)	Deteção do som pelo ser humano; Audiogramas, Espectro sonoro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saber que o ser humano só deteta sons com frequências compreendidas num intervalo de valores que vai dos 20 Hz aos 20kHz.</li> <li>• Concluir que nessa gama de frequências o ouvido humano só deteta o som a partir de determinado nível de intensidade sonora.</li> <li>• Construir e interpretar um audiograma, relacionando a informação aí constante com a capacidade auditiva de um indivíduo.</li> <li>• Conhecer que o espectro sonoro é o conjunto das ondas sonoras de todas as frequências, que inclui não só os sons audíveis pelo ser humano, como os infrassons (com frequências abaixo dos 20 Hz) e ultrassons (frequências acima dos 20 kHz).</li> </ul>
<b>Tarefa 5</b> (15 e 16 de março)	Jogo de Papéis – O dispositivo ‘mosquito’ na escola	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar os conhecimentos sobre a temática som numa situação relacionada com a realidade dos alunos.</li> <li>• Discutir questões socio-controversas relacionadas com as ciências.</li> <li>• Discutir ideias em grupo; manifestar argumentos em defesa das suas ideias.</li> </ul>

## **Descrição das tarefas**

O recurso ao tipo de tarefas selecionado para a lecionação do som, bem como a história criada, que funciona como elemento introdutório, motivacional e como fio-de-ligação entre as tarefas, assim como promove e desenvolve o uso da linguagem (científica e não só), vai ao encontro do que se visou no enquadramento curricular e na organização da proposta didática. No processo de resolução de problemas, seguem-se várias etapas e processos sequenciais onde se estabelecem diversas fases onde o aluno deverá colocar a si próprio uma série de questões que têm como objetivo organizar o seu pensamento de uma forma mais sistemática e eficaz.

Descrevem-se, de forma abreviada, cada uma das tarefas, cujas planificações e guiões (entregues aos alunos) se encontram nos Apêndices A e B, respetivamente.

### ***Tarefa 1 – Produção, propagação e receção do som***

Na primeira aula, começa-se por introduzir a unidade de ensino e estabelece-se uma relação entre o tópico a lecionar e o dia-a-dia dos alunos. Pede-se-lhes que ouçam atentamente a explicação do professor sobre como vão decorrer as aulas durante a lecionação da temática som, o que é esperado do seu trabalho e como serão avaliados. Seguidamente, é introduzida a primeira parte da tarefa. É lido o prólogo e o capítulo 1 da história: As peripécias do Sr. Somsível, e é pedido que identifiquem palavras-chave ou expressões no texto que se relacionem com as questões do Sr. Somsível, a personagem principal, que ao ouvir uma melga que não o deixa dormir, questiona-se como ela produz o zumbido e como chega ele até si. A partir dessas palavras-chave ou expressões, os alunos formulam uma hipótese para cada uma das questões. Procede-se então a uma discussão coletiva, onde se partilham as hipóteses formuladas. Dado que a fonte sonora, na história, é uma melga, incita-se os alunos a perspetivar outras formas de testar a produção do som, conduzindo-os aos instrumentos musicais, reformulando as suas hipóteses.

Na segunda aula, é explicado como vão trabalhar e o que é esperado do seu trabalho, nomeadamente que os materiais que dispõem na bancada servem para fazerem investigações que permitam validar ou refutar as suas hipóteses e que cada grupo terá um instrumento diferente, entre diapasão, tambor e guitarra para investigar. É pedido

então que descrevam sucintamente num plano, os passos que vão seguir durante a sua atividade e que a realizam, registrando as suas observações. A partir dos registos das suas observações, os alunos validam ou refutam as suas hipóteses, tentando dar respostas às questões problema. Partilham com a turma as suas conclusões e após uma discussão coletiva, o professor sintetiza que para todos os instrumentos, e de forma geral, para todas as fontes sonoras, o som produz-se por uma vibração que se transmite ao meio material que a propaga e que chega a um recetor para ser percecionado. Finalmente, é lançada uma questão para ser respondida em casa que se prende com o conceito de frequência sonora.

### ***Tarefa 2 – Velocidade de propagação do som no ar e noutros meios materiais***

Na primeira aula, introduz-se a tarefa pela leitura da primeira parte do capítulo 2 da história. Logo de seguida, os alunos sublinham no texto as frases que se relacionam com as aprendizagens da Tarefa 1. Continua-se a leitura do capítulo: o Sr. Somsível passa a uma hora exata por uma igreja quando o sino toca e, quando já está bastante longe do sino, ouve-o novamente, agora com um desfasamento de tempo relativamente ao que o seu relógio indica. A partir desta informação, procede-se a uma discussão coletiva com vista aos alunos poderem chegar às grandezas das quais depende o cálculo de uma velocidade e como relacioná-las, dado que não sabem ainda o conceito de velocidade e como o calcular, o que será pedido nesta parte da tarefa. Para tal, o professor procura relembrar o conceito de velocidade de uma reação química, como uma taxa de variação temporal de uma grandeza, assim como dá exemplos de velocidade vivenciados no dia-a-dia. É dado um gráfico de intensidade sonora do som do sino em função do tempo, desde que é tocado até ser ouvido no local onde o Sr. Somsível se encontra, e um mapa com a sua localização e a da fonte sonora (o sino). Pretende-se que os alunos identifiquem o instante em que o som do sino foi mais intenso no local onde estava o Sr. Somsível, para descobrir o intervalo de tempo que o som demorou a propagar-se e achem, a partir do mapa, a distância que separa a fonte sonora e o recetor. Com esses dados, os alunos discutem em grupo se conseguem determinar a velocidade de propagação do som no ar com os dados que dispõem e, em caso afirmativo, calculam-na apresentando o seu raciocínio. É pedido também que expliquem o significado do valor que calcularam. Segue-se a discussão coletiva, onde

os alunos apresentam as suas respostas, a partir das quais o professor sintetiza como se calcula uma velocidade, qual a velocidade de propagação do som no ar e qual o seu significado.

Na segunda aula, os alunos leem o final do capítulo 2, que remete para os filmes de índios e *cowboys*, onde os índios aproximam o ouvido dos carris para saber se um comboio se está a aproximar. É pedido aos alunos que façam uma previsão de resposta para a questão: Como saberiam os índios que um comboio se estava a aproximar? Seguidamente, realizam uma atividade, com um fio e duas colheres, em que percecionam o som propagado pelo ar e pelo fio, quando encostado aos ouvidos. É pedido que descrevam como ouvem o som nas duas situações e expliquem o que acontece, confrontando as suas observações com as previsões que inicialmente fizeram. Os alunos pesquisam ainda no seu manual para conseguir relacionar, genericamente, as velocidades de propagação do som em meios materiais no estado sólido, líquido e gasoso. Na discussão coletiva, apresentam-se os resultados de cada grupo e no final o professor faz a síntese das aprendizagens relacionadas com a velocidade de propagação do som em diferentes meios materiais.

### ***Tarefa 3 – Atributos do som – altura, intensidade e timbre***

A primeira aula começa com a leitura do capítulo 3 da história: quando os colegas do Sr. Somsível lhe pedem para falar mais alto, ele fala com uma voz mais aguda. Segue-se a identificação do problema, a partir da história, que os alunos devem indicar como sendo o saber o que os colegas do Sr. Somsível lhe pediram: se para falar emitindo sons mais fortes ou sons mais altos, ou ainda se pediram para alterar a altura do som da sua voz ou a sua intensidade. É então pedido aos alunos que identifiquem objetos que produzam sons com as características indicadas num quadro presente no guião, sons esses que os alunos tentam reproduzir, a partir de um simulador, fazendo variar a frequência ou a amplitude de uma onda sonora aí representada, em termos da variação de pressão. Nesse quadro, os alunos explicam como reproduzem os sons (fazendo variar a amplitude, a frequência ou ambos) e fazem a representação da onda que aparece no simulador para cada som.

Na segunda aula é solicitado aos alunos que representem graficamente (representação sinusoidal) os sons que reproduziram no simulador, enfatizando as diferenças em termos de amplitude e frequência entre os diferentes sons. Com o

conhecimento adquirido sobre os atributos do som, os alunos dão resposta à questão problema. Na discussão coletiva, cada grupo apresenta as suas respostas e o professor faz a síntese sobre os atributos altura e intensidade do som e os fatores que os condicionam. O timbre é lecionado de forma expositiva, não estando enquadrado nos objetivos da tarefa.

#### ***Tarefa 4 - Detecção do som pelo ser humano; Audiogramas, Espectro sonoro***

Na primeira aula, a introdução à tarefa é feita através da leitura do capítulo 4 da história. Aí é sugerido pelo Sr. Somsível que todos os alunos da escola deviam fazer um exame auditivo- audiograma. A primeira parte da tarefa consiste na elaboração de um audiograma da audição do próprio Sr. Somsível, a partir dos valores de intensidade sonora mínimos percecionados para diversas frequências, constantes numa tabela. É então apresentado um diagrama de audibilidade padrão, com os limiares de audição e de dor. Os alunos pesquisam no manual o significado dos termos limiar de audição e limiar de dor e, por comparação do diagrama com o audiograma que traçaram, tentam explicar a razão da elevada sensibilidade aos sons do Sr. Somsível. Esta primeira aula termina com uma discussão coletiva, partilhando os alunos as suas respostas e onde o professor faz a síntese, referindo os aspetos importantes constantes num audiograma, nomeadamente as grandezas envolvidas e como estas condicionam a audição.

A segunda parte da tarefa desenvolve-se numa segunda aula. Antes de avançar para essa segunda parte, relembra-se o que os alunos fizeram na primeira parte da tarefa, reforçando os aspetos principais a reter. De seguida, é apresentado um audiograma recente do Sr. Somsível e, desta feita, pede-se para compará-lo com o anterior (aquele que traçaram na primeira parte da tarefa), devendo os alunos concluir se ao longo do tempo o Sr. Somsível sofreu alguma perda auditiva. A partir da observação atenta do audiograma, os alunos respondem sobre porque não ouvimos todos os sons, devendo referir que nem todas as frequências são audíveis e que mesmo no caso das audíveis, é necessário um nível de intensidade sonora mínimo para que sejam percecionados. Na discussão coletiva, os alunos partilham as suas respostas e o professor faz a síntese dos conceitos versados na tarefa, apresentando também, a partir da resposta à última questão da tarefa, o espectro sonoro, referindo para além dos sons audíveis, os infrassons e os ultrassons.

### **Tarefa 5 - Jogo de Papéis – O dispositivo ‘*mosquito*’ na escola**

A quinta tarefa é um jogo de papéis ou *role-play*. Num jogo de papéis atribuem-se aos participantes (alunos, neste caso) diferentes personagens que defendem pontos de vista distintos numa questão controversa. Os alunos personificam cada uma das personagens, atribuindo-lhes características físicas, mentais e sociais, tendo estas possivelmente pontos de vista diferentes dos seus. Estas personagens podem ser reais ou fictícias, podendo as situações criadas serem também elas reais ou fictícias com diferentes tipos de complexidade e serem do conhecimento prévio dos alunos ou não (Ments, 2009; Oliveira, Pierson, & Zuin, 2009). As potencialidades que estes autores referem para a aplicação deste tipo de tarefas são a oportunidade de discutir-se diversos assuntos, com a interação e comunicação entre os participantes, expressando sentimentos e defendendo pontos de vista, a promoção da interdisciplinaridade, a cooperação, a criatividade, a interatividade e a socialização e a promoção do desenvolvimento de competências processuais e atitudinais, como estabelecimento de estratégias, curiosidade, motivação, integração, desenvoltura para trabalhar em grupo, autonomia, liderança, assim como desenvolve a competência da comunicação e do uso de linguagem científica adequada e, ainda, a consciencialização de que as decisões, na vida real, implicam negociação, cedências e ações de mitigação de efeitos indesejados. A tarefa desenvolve-se a partir dos seguintes momentos: Explicação da tarefa por parte do professor, preparação dos papéis a desempenhar por parte dos alunos, realização do jogo de papéis e, não menos importante, a discussão após o *role-play*.

Esta última tarefa de *role-play* pretende, também, pelo tema controverso que aborda (‘frequência *mosquito*’ e seu uso na sociedade), promover a abordagem CTSA, para desenvolver uma alfabetização científica (Fontes & Silva, 2004) e promover o envolvimento dos alunos na aprendizagem, através da análise e discussão de problemas sociais, éticos e políticos atuais a partir de uma perspetiva da ciência e da tecnologia, tendo em consideração o direito à informação, a sua capacidade de agir e os seus valores.

Para introduzir a tarefa, para além da leitura do capítulo 5 da história, o último, o professor reproduz, a partir do computador, sons com o mesmo nível de intensidade sonora num intervalo de frequências que vai dos 8 kHz aos 20 kHz, pedindo aos alunos que digam a partir de que frequência deixam de os ouvir. Os alunos reforçam assim a distinção entre frequência de um som e nível de intensidade sonora, assim como



experienciam sons que podem ser incómodos a altas frequências, quando prolongados ao longo do tempo. É explicado sucintamente o funcionamento do dispositivo *mosquito*, que emite sons a frequências elevadas, mas num nível de intensidade sonora baixo, e que é utilizado para dispersar pessoas numa faixa etária entre os 14 e os 25 anos, mais sensíveis a estas frequências, enquanto pessoas mais velhas normalmente não as conseguem perceber.

São então distribuídos os personagens aos diferentes grupos para a preparação do jogo de papéis, que consiste numa reunião na escola cuja ordem de trabalhos única é a decisão sobre a implementação ou não implementação de um dispositivo *mosquito* à porta da escola. Os personagens representam vários organismos a saber: Direção da escola (moderador da reunião), Associação de Estudantes, Grupo de funcionários da escola (onde se inclui o Sr. Somsível), Associação de moradores do bairro circundante à escola, Empresa vendedora do dispositivo *mosquito* e Associação de Pais dos alunos da escola. Independentemente de qual a personagem, os alunos escolhem se defendem ou não a implementação do dispositivo, preparando a sua argumentação de acordo com a sua opção, para apresentar na reunião.

Na segunda aula, procede-se à realização do jogo de papéis. Cada grupo escolhe um representante, que participa na reunião, e os restantes elementos podem ajudar o seu representante com cartazes, informando o personagem sobre o que dizer. Após o jogo de papéis, e em vez da discussão, cada grupo reúne-se, e com a informação recolhida do que foi exposto na reunião por todos os intervenientes, despem os seus personagens e escrevem uma carta à direção da escola com uma recomendação fundamentada sobre se a escola deveria ou não implementar o dispositivo.

## **Avaliação**

A avaliação deve ter em conta a gestão curricular desenvolvida e os propósitos visados (Abrantes, 2000), neste caso com o conjunto de tarefas a implementar. Atendendo a fatores de compreensibilidade, adequabilidade e eficácia (Santos, 2011), e de forma a responder aos objetivos traçados e pelo próprio perfil da intervenção e do que visa, concretamente o desenvolvimento de competências, privilegia-se uma avaliação formativa, valorizando as aprendizagens, estando assim a avaliação

“diretamente relacionada com as atividades que os alunos desenvolvem e pensada de acordo com as suas diferentes experiências educativas” (Galvão et al., 2001, p. 8). De acordo com Pinto e Santos (2006):

a avaliação desenvolve-se no quadro de todo o processo pedagógico, isto é, nos seus momentos mais formais, mas também no cotidiano da sala de aula. Este olhar permite chamar a atenção para o tipo de interações avaliativas no decurso da atividade de ensino e aprendizagem e para as suas diversas utilizações. É na atividade cotidiana, que se processa grande parte das aprendizagens e também das dificuldades. Agir num perspectiva formativa, neste contexto, contribui para a superação de inúmeras dificuldades e dá um outro significado à própria avaliação formativa. Só interrelacionando a avaliação com os processos de ensino e de aprendizagem é possível transformá-la efetivamente num instrumento ao serviço da aprendizagem. (p. 8)

Com a apresentação de cada tarefa por parte do professor, os critérios e formas de avaliação são explicitados aos alunos, responsabilizando-os pelo seu papel ativo nas aprendizagens e na avaliação. Constroem-se grelhas de observação, permitindo avaliar as competências com base em critérios estabelecidos para as tarefas e para os diferentes tipos de aprendizagem; proporciona-se *feedback* oral e escrito aos alunos, com a perspectiva de apoio efetivo na regulação das suas atividades e na superação das suas dificuldades, erros e progressos, contribuindo para o processo ensino/aprendizagem; utiliza-se também o questionamento, dinamizando o desenvolvimento da participação e autoavaliação, e finalmente a realização de respostas a questões de reflexão e autoavaliação sobre as aprendizagens ao longo de toda a intervenção. Pretende-se assim incentivar os alunos na sua aprendizagem e desenvolve-se uma postura reflexiva (a partir dos dados recolhidos) dos diferentes intervenientes no processo, para que todos compreendam o que estão a fazer e porquê (Santos, 2011). No âmbito deste trabalho, foi construída uma grelha geral de avaliação (Apêndice C) para todas as tarefas, sendo que em cada uma, de acordo com as suas características, alguns dos critérios não foram utilizados.

# Capítulo 4

## Métodos e procedimentos

Com vista a responder à problemática deste trabalho, a metodologia de investigação utilizada é qualitativa. Pretende-se, neste capítulo, fazer uma breve descrição do método de investigação utilizado, caracterizar os participantes (a escola e a turma), descrever os instrumentos de recolha de dados e descrever a análise efetuada aos dados, apresentando-se um quadro com as categorias e subcategorias que daí emergiram. Está assim dividido em quatro secções.

### Método de investigação

Numa investigação, deve explicar-se, detalhadamente, os princípios metodológicos e métodos a utilizar, com a respetiva fundamentação. O desenho de investigação é um plano específico para estudar um problema de investigação, sendo os métodos de investigação as técnicas e práticas utilizadas para recolher, processar e analisar os dados. Neste trabalho, utilizou-se uma abordagem qualitativa, onde o investigador é o instrumento principal de recolha de dados e parte integrante do fenómeno social que investiga, ou seja, neste caso, a educação. A metodologia utilizada enfatiza a descrição, a indução, a teoria fundamentada e o estado das perceções pessoais (Bogdan & Biklen, 1994). Segundo estes autores esta abordagem:

...agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características. Os dados recolhidos são designados por *qualitativos*, o que significa ricos em pormenores descritivos, relativamente a pessoas, locais e conversas, e de complexo tratamento estatístico.

As questões a investigar não se estabelecem mediante a operacionalização de variáveis, sendo, outrossim, formuladas com o objetivo de investigar os fenómenos em toda a sua complexidade e em contexto natural.

A abordagem à investigação não é feita com o objetivo de responder a questões prévias (podem haver no entanto questões específicas à medida que se recolhem dados) ou de testar hipóteses.

Privilegiam, essencialmente, a compreensão dos comportamentos a partir da perspetiva dos sujeitos de investigação. As causas exteriores são consideradas de importância secundária. Recolhem-se normalmente os

dados em função de um contato aprofundado com os indivíduos, nos seus contextos ecológicos naturais. (Bogdan & Biklen, 1994, p.16).

É desta forma que em educação, a investigação qualitativa é frequentemente designada por naturalista, “porque o investigador frequenta os locais em que naturalmente se verificam os fenómenos nos quais está interessado, incidindo os dados recolhidos nos comportamentos naturais das pessoas: conversar, visitar, observar, comer, etc” (Bogdan & Biklen, 1994, p. 17).

A investigação naturalista desenvolve-se nas condições do mundo real onde o investigador não tem um papel manipulativo nos fenómenos de interesse. Estes desenvolvem-se naturalmente e não em ambiente controlado (ex: laboratório). A recolha de dados ocorre em locais e condições que são familiares e confortáveis para os visados (Patton, 2002).

São cinco as características referidas por Bogdan e Biklen (1994) como ligadas a uma investigação qualitativa: a primeira é que “a fonte directa de dados é o ambiente natural” (p. 47). O instrumento chave da análise é, por isso, o entendimento que o investigador tem sobre os dados e sobre o contexto em que estes são recolhidos e complementados pela informação resultante do contato direto do investigador com o ambiente de recolha. A segunda é que “os dados recolhidos são predominantemente descritivos” (p. 48). Estes podem assumir a forma de palavras ou imagens. Esta recolha permite uma abordagem minuciosa, em que nada é considerado trivial e passível de ser deixado ao acaso. Já a terceira refere-se ao processo: “o processo é mais relevante que os resultados ou produtos” (p. 49). Existe a necessidade de compreensão pelo investigador de como se desenvolve a relação do objeto em estudo com as suas actividades, procedimentos e interações. A quarta característica é que “os dados são analisados de forma indutiva” (p. 50). Os dados recolhidos não tem como função a verificação de hipótese. A recolha de informação, mesmo tendo por base uma preparação, revela a necessidade de ser ajustada ou até reformulada. Finalmente, a quinta característica refere que “o significado é de importância vital na abordagem qualitativa” (p. 50). A investigação qualitativa preocupa-se com as perspetivas dos participantes, estando os investigadores interessados no modo como as pessoas dão significado às coisas e às suas vidas, e em aprender as perspetivas dos participantes.

## Participantes

A escola onde foi desenvolvido este trabalho situa-se na cidade de Lisboa, numa zona residencial, de serviços e comércio, cujo acesso é facilitado por uma rede de transportes variada na sua proximidade. É a sede de um agrupamento de escolas, que tem como oferta formativa o 3.º ciclo e o ensino secundário. O agrupamento é constituído, para além desta escola, por mais duas escolas de 1.º ciclo e uma outra de 2.º e 3.º ciclos. O total de alunos do agrupamento excede os 2000 indivíduos. A população escolar prove das zonas envolventes, mas também de outras zonas mais periféricas, trabalhando os encarregados de educação na área de influência da escola. Acolhe um conjunto de alunos que, na sua maioria, procedem de múltiplas proveniências sociais e culturais, não restringidas a uma territorialidade, pelo que se lhe reconhece uma identidade francamente multicultural. Dessa forma, pela atenção e resposta que procura dar à realidade da sua população escolar, a escola e todo o agrupamento assume necessariamente uma cultura marcadamente inclusiva. A escola sofreu intervenções de fundo nos últimos anos, estando apetrechada com espaços confortáveis e adequados às faixas etárias a que se destinam. Em termos de instalações, é constituída por três blocos, um dos quais alberga o pátio de entrada da escola, a direção, os serviços administrativos e a biblioteca, um segundo composto maioritariamente por salas de aula e um terceiro, adjacente ao segundo, onde para além de algumas salas de aula, estão os laboratórios: dois de Química e um de Física. É neste bloco que se situa também a sala de professores, o bar e o refeitório. É servida igualmente de amplos espaços exteriores, campos desportivos e um ginásio.

Os alunos participantes neste trabalho constituem uma turma do 8.º ano de escolaridade. É composta por 20 alunos, doze raparigas e oito rapazes. Em termos de idade, doze alunos estão na faixa etária entre os 12-13 anos, sete alunos estão na faixa etária entre os 14-15 anos e apenas um está na faixa etária entre os 16-17 anos. No que toca a retenções, um dos alunos é repetente do 8.º ano, dois são repetentes do 7.º ano e três dos alunos sofreram retenções em ciclos anteriores. É ainda de referir que quatro alunos estão abrangidos pelo artigo 3.º, tendo necessidades educativas especiais. A turma é heterogénea em termos de ritmo de trabalho, participação e interesse. Quanto às habilitações académicas dos encarregados de educação verifica-se serem variadas, tendo

sete alunos encarregados de educação que apenas completaram o ensino básico, seis o ensino secundário e seis o ensino superior.

## **Recolha de dados**

Quanto aos instrumentos de recolha de dados utilizados nesta perspectiva de investigação, destacam-se três, que o investigador pode utilizar com o intuito de fazer uma aproximação à experiência das pessoas das organizações em estudo (neste caso, os alunos de uma turma de 8.º ano de uma escola pública). São eles os documentos escritos, a observação e a entrevista.

### **Documentos escritos**

Os documentos escritos são material obtido a partir de registos organizacionais, clínicos ou programáticos, memorandos e correspondência, publicações oficiais e relatórios, diários pessoais, cartas, trabalho artístico, fotografias e memorabilia (Patton, 2002). Os materiais que os sujeitos escrevem por si próprios também são usados como dados (Bogdan & Biklen, 1994). Os dados consistem de excertos dos documentos obtidos, de uma forma em que o contexto é preservado (Patton, 2002).

Neste trabalho, a recolha de dados a partir de documentos escritos, centra-se nos registos individuais ou resultantes do trabalho colaborativo dos alunos durante a realização das tarefas, as suas respostas, que refletem a forma como pensam e a sua perspectiva perante os fenómenos em estudo. Segundo Bogdan e Biklen (1994), estes documentos podem ser designados como pessoais, uma vez que constam na narrativa feita pela primeira pessoa das ações e experiências dos indivíduos. São assim reveladores da sua visão perante as experiências vividas, a partir das quais se consegue obter provas detalhadas de como essas situações são vistas pelos seus actores e quais os significados que vários fatores têm para os participantes. Ainda segundo estes autores, existe outro tipo de documentos escritos: os documentos oficiais. Este tipo de documentos são os documentos internos de uma organização e também foram utilizados neste trabalho, concretamente o projeto educativo da escola e as fichas pessoais dos

alunos constantes do dossiê da direção de turma, a partir dos quais é feita a caracterização dos participantes.

## **Observação**

Quanto à observação, esta pode ser participante ou não participante, dependendo do envolvimento ou não envolvimento do investigador, respetivamente. Em termos de estrutura, pode ser estruturada, semiestruturada ou não estruturada. Na observação não participante, o observador não está diretamente envolvido na situação a observar, isto é, não interage nem afeta de modo intencional o objeto de observação, enquanto na participante há uma introdução do investigador no mundo das pessoas ou locais que pretende estudar, experimentando o ambiente como um elemento a ele pertencente (Bogdan & Biklen, 1994). Esta última é mais representativa da investigação qualitativa e a que foi utilizada.

Na observação estruturada, o observador já sabe o que vai observar e tem de antemão as categorias de observação já definidas, sendo todo o processo realizado de forma sistemática, enquanto na observação não estruturada há um processo livre, definindo-se posteriormente e de acordo com os dados recolhidos as categorias que sejam relevantes para o estudo. A observação semiestruturada encontra-se entre os extremos apresentados onde há categorias pré definidas, mas de acordo com os dados recolhidos podem criar-se outras ou modificar as primeiras. Em qualquer caso, a observação resulta do trabalho de campo, elaborando-se um registo escrito e sistemático de tudo aquilo que se ouve e observa (notas de campo) (Patton, 2002). Essas notas de campo têm duas dimensões: descritiva e reflexiva. A primeira é objetiva e diz respeito ao que o investigador efetivamente observa, sendo a dimensão reflexiva correspondente a uma interpretação pessoal do investigador relativamente aos aspetos observados.

Como vantagens para esta técnica, refere-se o fato de a observação permitir chegar mais perto da “perspetiva dos sujeitos” e a experiência direta ser melhor para verificar as ocorrências (Lüdke & André, 1986), ou ainda permitir a evidência de dados que não seriam possíveis obter em, por exemplo, respostas a questionários (Lakatos & Marconi, 1990).

No presente trabalho adota-se a observação semiestruturada participante. Realizam-se registos vídeo das aulas, alternado em cada aula o grupo gravado, ou

gravando-se a perspetiva geral da turma. Após cada aula, o professor procede ao registo das notas de campo sobre o trabalho, a participação, as reações, a comunicação resultante do acompanhamento do trabalho dos diferentes grupos durante o trabalho autónomo e as suas respostas que, em conjunto, refletem as estratégias utilizadas, as aprendizagens e as dificuldades sentidas pelos alunos.

## **Entrevista**

Quando o objetivo principal é compreender a importância das pessoas envolvidas na educação através da sua experiência, é a entrevista o método que providencia o necessário, senão suficiente caminho. É uma forma poderosa de conhecer questões educacionais e sociais através da compreensão da experiência dos indivíduos cujas vidas refletem esses aspetos (Seidman, 2006). Os dados consistem em citações literais e integrais com o contexto suficiente para serem interpretáveis (Patton, 2002).

No que toca à estrutura, as entrevistas distinguem-se em estruturadas, não estruturadas ou semiestruturadas, “em função do dispositivo montado para registar a informação fornecida pelo entrevistado” (Afonso, 2005). Na investigação qualitativa, o mais usual é usarem-se entrevistas não estruturadas ou semiestruturadas, dado que as estruturadas usam um guião com perguntas fixas, preestabelecidas, com muito pouca possibilidade de adaptação e dentro de um conjunto limitado de categorias de resposta bem como um esquema de codificação que é decidido previamente, sendo por isso mais propícias a uma análise quantitativa. Nas entrevistas não estruturadas ou abertas, estabelecem-se poucas perguntas fixas, dando-se liberdade ao entrevistado para responder mais livremente sobre o tema sugerido, enfatizando-se a sua experiência e aproximando-se o modelo a uma conversa “normal” e informal, tendo-se no entanto o cuidado de não influenciar o entrevistado, intervindo o investigador apenas em caso de extrema necessidade. As entrevistas semiestruturadas combinam perguntas abertas com perguntas fechadas pré elaboradas num guião. Obedecem, portanto a um formato intermédio entre os dois tipos descritos anteriormente, onde o modelo global é o da entrevista não estruturada, mas onde os temas tendem a ser mais específicos: normalmente é elaborado um guião orientador onde a substância da entrevista é organizada por dimensões, objetivos e questões para cada objetivo. De acordo com os



dados obtidos (transcrição da entrevista), estabelecem-se posteriormente categorias de análise, que podem ser diferentes das inicialmente delineadas (Afonso, 2005).

As entrevistas de grupo podem ser úteis para transportar o entrevistador para o mundo dos sujeitos, sendo um grupo em foco de estudo uma estrutura sociológica em que as pessoas interagem, identificam-se umas com as outras e partilham expectativas em relação ao comportamento umas das outras (Bogdan & Biklen, 1994). Nesta situação, várias pessoas juntas são encorajadas a falarem sobre um tema de interesse. Ao refletir sobre um tópico, os sujeitos podem estimular-se uns aos outros, avançando ideias que se podem explorar mais tarde por exemplo em entrevistas individuais pois as primeiras não substituem estas nem têm os mesmos objetivos. A entrevista em grupo focado é uma entrevista feita a um pequeno grupo de pessoas (seis a dez pessoas que se encontrem num mesmo contexto) sobre um tema específico (Patton, 2002), podendo assumir qualquer dos formatos: estruturada, semiestruturada e não estruturada, sendo talvez estes dois últimos os mais adequados para este tipo de entrevista.

Ao contrário de uma entrevista individual, neste tipo de entrevista os participantes têm que se ouvir uns aos outros, as respostas uns dos outros e fazer comentários adicionais para além das suas respostas individuais, interagindo entre si, não sendo importante que todos estejam em concordância ou discordância, nem necessário chegarem a um acordo. O objetivo é conseguir dados de alta qualidade em contexto social, onde os participantes considerem as suas opiniões no contexto das opiniões de outros (Patton, 2002).

Richard Krueger, citado por Patton (2002), refere que a entrevista em grupo focado deve ser cuidadosamente preparada para obter perceções em determinadas áreas de interesse em ambiente permissivo e não ameaçador, devendo ser conduzida por um entrevistador competente, termo mais utilizado nas entrevistas individuais e que neste caso se transforma mais num moderador, guiando a discussão em grupo com múltiplas interações entre ele e os respondentes bem como entre os próprios participantes, fluindo a conversação por intermédio da entrega e eficácia do moderador. A discussão deve ser agradável para os participantes se eles partilharem as suas ideias e perceções, influenciando-se uns aos outros e respondendo às ideias e comentários em discussão. Este autor sugere também que os investigadores devem trabalhar em equipas de duas pessoas para conduzir um grupo, para que uma se possa concentrar em ser o facilitador do grupo e a outra tome notas e prepare e responsabilize-se pelos materiais de recolha

de dados (gravador, câmara de vídeo, entre outros). Mesmo quando a entrevista é gravada, as boas notas de campo ajudam a saber quem disse o quê durante a transcrição da entrevista, sendo a sobreposição de vozes do registo áudio, uma dificuldade que pode afetar a compreensão e consequente transcrição do texto (Afonso, 2005).

O entrevistador/moderador deve ter características de flexibilidade, objetividade, persuasão e empatia com o grupo, devendo estabelecer até alguma cumplicidade com os elementos do grupo que beneficia a comunicação promovendo-se uma discussão focalizada num determinado assunto. Apesar de serem colocadas questões abertas, estas são estruturadas num guião que proporciona uma sequência lógica e um fio condutor a toda a discussão ajudando à compreensão de um determinado tópico na perspetiva dos participantes. Obtém-se assim a opinião de um grupo de pessoas sobre um determinado assunto podendo descobrir-se os fatores que influenciam opiniões comportamentos ou motivações e fazer emergir ideias em grupos - o grupo tem o poder de ser maior que a soma das suas partes, ao exhibir sinergias que entrevistas individuais não possuem (Krueger & Casey, 2009).

Como qualquer técnica ou método utilizado, a entrevista em grupo focado tem as suas vantagens e desvantagens na sua aplicação: por um lado, é possível a recolha de grandes quantidades de informação de várias pessoas, em pouco tempo, sendo que a qualidade dos dados é normalmente aumentada pela interação entre os participantes e é fácil a constatação da consistência ou diversidade dos pontos de vista dos respondentes (Patton, 2002). De igual forma, ao utilizar-se entrevista em grupo focado, um vasto número de participantes pode ser envolvido e sentir-se parte de um projeto de investigação (como é o exemplo uma turma ou uma escola) (Burton & Bartlett, 2005). No entanto, existem também algumas desvantagens na aplicação deste método/técnica que devem ser considerados antes da sua aplicação: na verdade, o número e o tipo de questões a realizar pode ser restringida num contexto de grupo, quando comparada a uma entrevista individual, não funcionando questões controversas e pessoais, bem como o tempo de resposta por pessoa ser diminuto (Patton, 2002). O investigador deve ter características específicas, de forma a gerir bem o processo e obter a participação de todos, tendo um papel duplo de moderador e entrevistador (Afonso, 2005; Patton, 2002). Por outro lado, os indivíduos que não partilhem da opinião da maioria do grupo podem sentir-se inibidos em expressar-se, de forma a não obter reações negativas, assim como a influência do coletivo sobre o indivíduo poder enviesar o discurso produzido

(Afonso, 2005; Patton, 2002). A investigação tem também constatado que o grupo focado parece funcionar melhor quando, embora no mesmo contexto, os participantes não se conhecem e não têm uma relação prévia, não havendo pela sua forma garantia de confidencialidade e ocorrendo muitas vezes fora do ambiente natural dos participantes onde normalmente ocorrem as suas interações (Patton, 2002).

Após o conjunto de aulas lecionadas no âmbito deste trabalho, realizaram-se duas entrevistas em grupo focado, cada uma delas com um grupo de dez alunos referente a cada um dos turnos. As entrevistas foram feitas na sala de aula habitual da turma, foram registadas em suporte vídeo e áudio e tiveram a duração aproximada de 20 minutos cada. O guião da entrevista encontra-se no Apêndice D.

## **Análise de dados**

Os dados recolhidos constituem uma complexidade da realidade. A sua análise traz o desafio de os simplificar e dar-lhes significado, pelo que o desenvolvimento de uma classificação ou esquema de código é o primeiro passo a dar. É necessário então proceder a ações de identificação, codificação, categorização, classificação e rotulagem de padrões encontrados nos dados, de forma a determinar o que é significativo para clarificar e compreender o problema que está a ser investigado (Patton, 2002).

Não existe uma fórmula exata para proceder à análise de dados, pelo que esta resulta sempre de uma reflexão e interpretação do investigador. Assim, considera-se a codificação de dados como um sistema que permite a identificação de categorias e subcategorias, caracterizado por palavras e/ou frases que representam os tópicos e padrões encontrados. A subdivisão das categorias em subcategorias ajuda a facilitar a organização e apresentação dos dados, não se perdendo, contudo, critérios de objetividade (Lüdke & André, 1986). O objetivo é o de aumentar a compreensão dos materiais que constituem os dados para que no futuro possa ser apresentado a outros aquilo que se encontrou (Bogdan & Biklen, 1994).

Alguns autores sugerem, no entanto, vias possíveis de se adotar no processo de análise de dados. Como exemplo, Miles e Huberman (1994), sugerem uma divisão em três fases concomitantes: a redução dos dados, a organização e apresentação dos dados e

finalmente o estabelecimento e verificação de conclusões. A redução de dados está associada à já mencionada tomada de decisão do investigador perante os dados recolhidos, relativamente aos quais efetua um processo de seleção, foco, simplificação, transformação e abdução. A organização e apresentação dos dados consiste na sua estruturação, o que facilita a sua visualização para se poderem tirar conclusões e estabelecer novos passos na análise. Finalmente, o estabelecimento e verificação de conclusões prende-se com o dar significado aos dados, atendendo a regularidades e padrões, verificando também a sua validade, testando a sua plausibilidade, robustez e confirmabilidade.

Procedendo à análise dos dados recolhidos neste trabalho mediante o que foi exposto, emergiram as categorias e subcategorias de análise que se apresentam no quadro 4.1, na procura de dar resposta às questões orientadoras.

Quadro 4.1 – *Categorias e subcategorias de análise para as questões em estudo.*

<i><b>QUESTÕES</b></i>	<i><b>INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS</b></i>	<i><b>CATEGORIAS</b></i>	<i><b>SUBCATEGORIAS</b></i>
De que forma a resolução de problemas a partir de uma história facilita a aprendizagem de conceitos científicos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registos vídeo</li> <li>• Notas de campo</li> <li>• Documentos escritos</li> <li>• Entrevistas em grupo focado</li> </ul>	Conhecimento substantivo	• Produção, propagação e receção do som
			• Velocidade de propagação do som no ar e noutros meios materiais
			• Atributos do som
			• Deteção do som pelo ser humano
		Estratégias usadas	• Discussão em grupo
			• Discussão em turma
			• <i>Feedback</i> do professor
			• Características das tarefas

Que dificuldades sentem os alunos na temática som quando se recorre a resolução de problemas a partir de uma história?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registos vídeo</li> <li>• Notas de campo</li> <li>• Documentos escritos</li> <li>• Entrevistas em grupo focado</li> </ul>	Conhecimento substantivo	• Produção, propagação e receção do som
			• Velocidade de propagação do som no ar e noutros meios materiais
			• Atributos do som
			• Detecção do som pelo ser humano
		Conhecimento processual	• Registrar evidências
			• Tirar conclusões
Que avaliação fazem os alunos do uso de resolução de problemas a partir de uma história para aproximar os conceitos científicos à sua realidade?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notas de campo</li> <li>• Entrevistas em grupo focado</li> </ul>	Avaliação	• Relevância
			• Gosto e interesse



# Capítulo 5

## Resultados

Os resultados que visam dar resposta às questões de investigação estabelecidas para este trabalho foram obtidos da análise de dados recolhidos, mais concretamente os registos escritos dos alunos, as transcrições das entrevistas em grupo focado realizadas a cada um dos dois turnos da turma, os registos vídeo das aulas e as notas de campo do professor. Sendo três as questões que orientam este trabalho, divide-se o capítulo também em três secções distintas, abordando-se em cada uma delas, e de acordo com as questões: as aprendizagens dos alunos em termos de conceitos científicos, as dificuldades dos alunos durante a aprendizagem da temática som e a avaliação que os alunos fazem da estratégia de ensino utilizada.

### **Aprendizagens dos alunos em termos de conceitos científicos**

Nesta secção consideram-se duas categorias: conhecimento substantivo e estratégias usadas.

#### **Conhecimento substantivo**

Cada uma das tarefas tinha objetivos de aprendizagem distintos em termos de conceitos científicos, para além de cada uma delas proporcionar aos alunos o desenvolvimento de variados tipos de competências: conhecimento processual, raciocínio, atitudes e comunicação e que estão também patentes nos exemplos retratados. Para esse efeito contribuiu a diferente tipologia dos problemas em cada tarefa. De acordo com esses objetivos de aprendizagem, destacam-se os conceitos científicos: produção, propagação e receção do som, velocidade de propagação do som no ar e em outros meios materiais, atributos do som e deteção do som pelo ser humano.

## Produção, propagação e receção do som

Dando resposta à questão da tarefa 1, de como é que o som é produzido e como chega o som até nós (humanos), os alunos mostraram ter aprendido que o som é produzido por vibrações de uma fonte sonora. Essas vibrações são transmitidas a um meio material que as propaga e são detetadas por um recetor, como é evidenciado na reflexão escrita efetuada sobre a primeira tarefa:

Nesta tarefa aprendi que as fontes sonoras produzem sons através de vibrações, e que este se propaga pelo ar.

(Registo escrito, A12, tarefa1)

Nesta tarefa aprendi que as fontes sonoras produzem som através de vibrações que se transmitem ao ar (meio natural), que se propaga até ao ouvido (recetor).

(Registo escrito, A2, tarefa1)

Constata-se que os alunos utilizaram as palavras fonte sonora, vibração, transmissão e propagação das vibrações, e identificaram também o ar como meio material de propagação do som nos casos estudados. Evidenciaram, assim, terem compreendido o quê e o que causa o som, bem como este chega até nós.

De igual forma, durante a entrevista em grupo focado, alguns alunos mencionaram que aprenderam estes conceitos através da realização da tarefa 1, quando questionados sobre o que tinham aprendido com essa tarefa:

A15: - Que o som se propaga através de ondas sonoras...

A12: - ...e que é um conjunto de vibrações.

Professor: - E que o som acaba por ser um conjunto de vibrações. Mais coisas, o que é que se lembram mais em termos de conceitos científicos que possam ter aprendido com esta primeira tarefa?

A15: - Como é que se propaga o som.

A12: - O que é a fonte sonora e o recetor.

Professor: - O que é a fonte sonora e o recetor... mais?

A20: - Como é que o som chega aos nossos ouvidos...

A14: - ...E como é que se propaga.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)



A10: Como é que os sons se propagam...

A2: Através de um meio material...

A8: E que para haver sons tem de haver vibrações.

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

Foi ainda referido na entrevista por um aluno (A10), a necessidade de existência de um meio material para que o som se propague: “E sem meio material não há som... não há propagação do som!” (entrevista em grupo focado, turno 2).

Os alunos referiram os conceitos que aprenderam, mostrando ter aumentado o conhecimento, utilizando linguagem científica adequada associada à produção, propagação e receção do som.

Das notas de campo do professor, evidencia-se ainda o contributo de um dos alunos durante a realização da tarefa: “ao bater na membrana do tambor contrária aquela onde estavam os pedaços de papel, um dos alunos comentou para os restantes elementos do grupo que a vibração produzida pelo toque da baqueta nessa membrana era comunicada ao ar dentro do tambor e à membrana superior. Essa era a razão para levantar os pedaços de papel da sua superfície, provando que a vibração inicial era propagada” (notas de campo do professor, tarefa 1). Verificou-se assim que o aluno mostrou compreender o mecanismo de produção e propagação do som.

### **Velocidade de propagação do som no ar e noutros meios materiais**

Através da interpretação da história, os alunos perceberam que o som propaga-se uma distância e que isso requer um determinado intervalo de tempo. Durante a tarefa 2, aprenderam a calcular o valor da velocidade de propagação do som no ar, encontrando a relação entre a distância percorrida pelo som e o intervalo de tempo que demora a percorrer essa mesma distância:

$$V = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}} = \frac{510 \text{ m}}{1,5 \text{ s}} = \boxed{340 \text{ m/s}}.$$

(Registo escrito, grupo 6, tarefa 2)

Para além do valor calculado, esta resposta mostra que os alunos souberam interpretar a relação entre as grandezas em jogo, escrevendo a fórmula, usando o cálculo numérico e empregando as unidades adequadas.

Mais que somente o cálculo do valor da velocidade de propagação do som no ar, os alunos aprenderam o significado desse valor, como é visível pelas suas respostas à questão 1.4. da Tarefa 2:

1.4. Indiquem o significado do valor que calcularam.

o significado: o som percorre uma distância de 340 m por segundo

(Registo escrito, grupo 2, tarefa 2)

que a cada segundo o som percorre 340 m //

(Registo escrito, grupo 3, tarefa 2)

Nestas respostas está patente a compreensão do significado do valor calculado, tendo os alunos sabido interpretar a relação entre as grandezas em jogo e as respetivas unidades. Esta aprendizagem do conceito científico velocidade de propagação do som foi também mencionado durante a entrevista em grupo focado, como se revela nos seguintes excertos relativos à questão do que aprenderam com a segunda tarefa:

A8: A velocidade do som no ar.

A4: A velocidade a que o som se propaga.

A9: A velocidade de propagação do som.

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

A15 A velocidade de propagação do som...

A12: ...No ar.

A15: No ar, no ar, pois é!

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

Para além de identificarem o conceito velocidade de propagação do som, os alunos mostraram indiretamente saber que esse valor só é constante para um dado meio material, identificando o ar como meio material para o qual determinaram a velocidade de propagação.

A segunda parte da tarefa 2 tinha como objetivo relacionar os valores das velocidades de propagação do som em diferentes meios materiais, mais concretamente consoante os estados físicos dos meios materiais. Um dos grupos relacionou as sensações auditivas (através das vibrações que lhes chegaram aos ouvidos pelo ar e pelo fio) com as diferentes velocidades de propagação em cada meio material:

Na situação C ouvimos o som pela vibração da colher  
e na situação D ouvimos o som pelas vibrações da  
corda

(Registos escritos, grupo 3, tarefa 2)

Distinguem-se dois tipos de vibração diferentes, e de acordo com as previsões, os alunos fizeram esta relação tentando justificar a diferença de velocidades nos dois meios materiais, sem contudo explicitarem essa relação.

Através da pesquisa no manual, os alunos conseguiram chegar à relação geral que existe entre os valores das velocidades de propagação do som nos diferentes meios materiais consoante o estado físico, como se evidencia pelos seus registos escritos, dos quais se apresentam alguns:

$$V_{\text{som}}(\text{sólidos}) > V_{\text{som}}(\text{líquidos}) > V_{\text{som}}(\text{gases})$$

(Registo escrito, grupo 6, tarefa 2)

A velocidade de propagação do som é maior em sólidos, em geral, do que nos gases. A velocidade nos líquidos é maior do que nos gases e é menor do que nos sólidos.

(Registo escrito, grupo 1, tarefa 2)

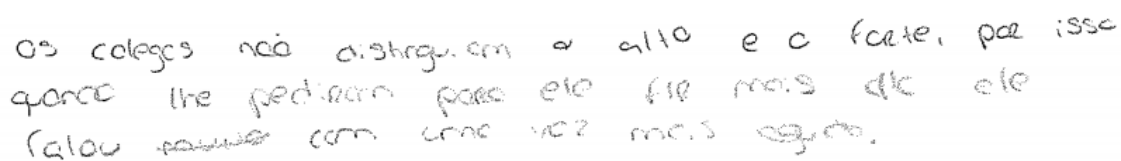
Tendo testado as suas previsões apenas para os estados físicos sólido e gasoso, o resultado da pesquisa permitiu relacionar, na generalidade, as velocidades de propagação do som nos três estados físicos.

Na entrevista em grupo focado, esta relação entre as velocidades de propagação do som consoante o estado físico do meio material foi referida por alguns alunos como uma das aprendizagens realizadas na tarefa 2: “A15: - Descobrimos que o som se propaga mais rapidamente nos sólidos, depois nos líquidos, depois nos gases, por causa da agitação das partículas. (Entrevista em grupo focado, turno 2); “A4: Era que no sólido é mais rápido, a propagação do som, do que nos líquidos e depois nos gasosos”. (Entrevista em grupo focado, turno 1)

Para além desta relação efetuada, entre as velocidades de propagação do som consoante o estado físico do meio material, os alunos foram ainda capazes de relacionar conceitos científicos adquiridos anteriormente, nomeadamente quanto à natureza corpuscular da matéria lecionada no âmbito do estudo da química, como referido pelo excerto do aluno A15 na entrevista.

### **Atributos do som**

Durante a tarefa 3, os conceitos relacionados com o som que os alunos aprenderam foram os atributos altura e intensidade do som, assim como estes variam, alterando as características da onda sonora frequência e amplitude. A linguagem do senso comum é diferente da linguagem científica no que toca aos termos alto e baixo: no dia-a-dia são associados à intensidade do som enquanto em linguagem científica referem-se à altura do som (sons de alta frequência – agudos; sons de baixa frequência – graves). Os alunos passaram a saber diferenciá-los e a aplicá-los corretamente, associando os termos forte e fraco à intensidade do som e alto e baixo aos sons agudos e graves, como é evidenciado nos seus registos escritos:




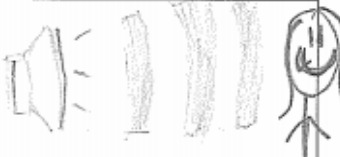


os colegas não distinguem o alto e o forte, por isso quando lhe pediram para ele ficar mais alto ele falou mais forte com uma voz mais aguda.

(Registo escrito, grupo 2, tarefa 3)

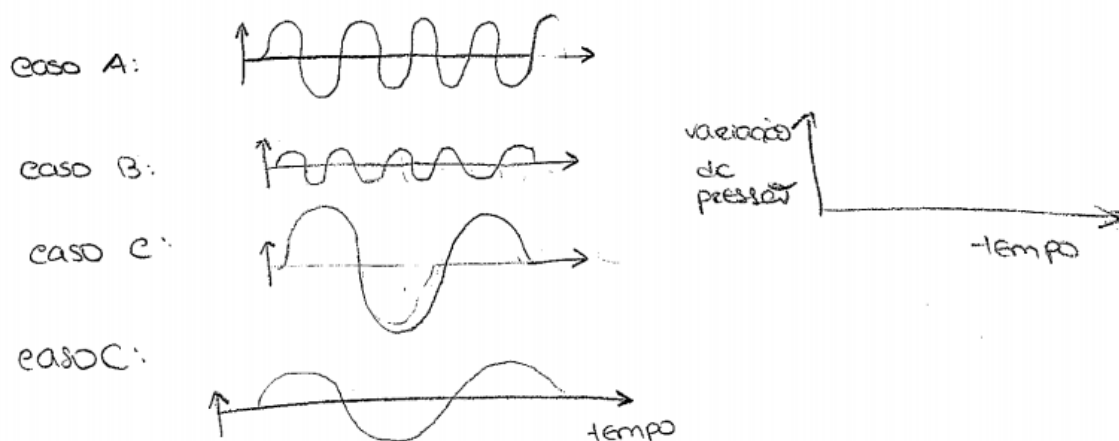
Ainda no estabelecimento do problema, os alunos deste grupo diferenciaram logo os termos alto e forte, associando-os respetivamente à altura e intensidade do som. Identificam assim com clareza o porquê da atuação do Sr. Somsível, que respondeu aos seus colegas tendo em conta a linguagem científica e não a do senso comum.

Na sequência das atividades da tarefa os alunos elaboraram um quadro com as representações das zonas de pressão correspondentes a diferentes sons, a partir de um simulador:

Som	Exemplo de um objeto que faça este som	Expliquem como utilizaram o simulador para recriar o som	Desenhem a representação que aparece no simulador
Caso A: Forte e Agudo	Sirene	amplitude e frequência no máximo	
Caso B: Fraco e Agudo	flauta transversal	amplitude baixa e frequência no máximo	
Caso C: Forte e Grave	tambor	frequência baixa e amplitude no máximo	
Caso D: Fraco e Grave	voz rouca de pessoa com voz grossa	frequência e amplitude baixas	

(Registo escrito, grupo 5, tarefa 3)

Denota-se também por estes registos (quadro) que os alunos associaram as características da onda sonora amplitude e frequência à intensidade do som e à sua altura, tanto por palavras como pela representação da onda sonora. Esta aprendizagem esteve também refletida na representação gráfica das ondas sonoras que fizeram para os casos A, B, C e D:



(Registo escrito, grupo 2, tarefa 3)

A representação gráfica, efetuada por este grupo, mostra que os alunos souberam utilizar corretamente a relação proporcional entre amplitudes e frequências, adequadas a cada caso consoante os sons eram respetivamente: A – forte e agudo; B – fraco e agudo; C – forte e grave; D – fraco e grave.

Respondendo ao problema proposto, os alunos souberam explicar de que fatores dependem a altura e a intensidade do som:

5. Deem resposta ao problema, explicando de que dependem a altura e a intensidade do som.

dependem da amplitude e da frequência  
para fazer variar a intensidade do som, alteramos a amplitude.  
e para fazer variar a altura do som, alteramos a frequência  
os colegas do Sr. Samuel pediram para ele falar mais alto, em sentido físico falar mais alto é falar mais agudo e não mais forte como os colegas lhe pediram.

(Registo escrito, grupo 1, tarefa 3)

Os alunos revelaram ter aprendido que a altura depende da frequência e a intensidade da amplitude da onda sonora. Adicionalmente, na reflexão escrita efetuada no final da tarefa, os alunos salientaram como aprendizagem relevante a distinção entre a altura e a intensidade do som:

Apreendi que um som ser alto e forte são coisas diferentes

(Registo escrito, A6, tarefa 3)

Nesta tarefa aprendi a diferença entre o som ser alto – baixo e forte – fraco.

(Registo escrito, A2, tarefa 3)

Como se verifica, a diferenciação mencionada entre sons altos e baixos de fortes e fracos, remete para a distinção entre altura e intensidade do som. Já durante a entrevista em grupo focado, os alunos identificaram as aprendizagens que realizaram a partir da tarefa 3, quando questionados sobre o que aprenderam:

A15: A frequência, a intensidade e a amplitude.

Professor: Alguém sabe... esses parâmetros eram o quê?

A13: São as características do som.

A17: Os atributos... são os atributos do som.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

A8: Foi a intensidade e a altura do som.

Professor: A intensidade e a altura do som...

A4: E também as zonas de rarefação e de compressão.

Professor: Como é que o som se propaga no ar... e depois, a partir daí, tiveram de...

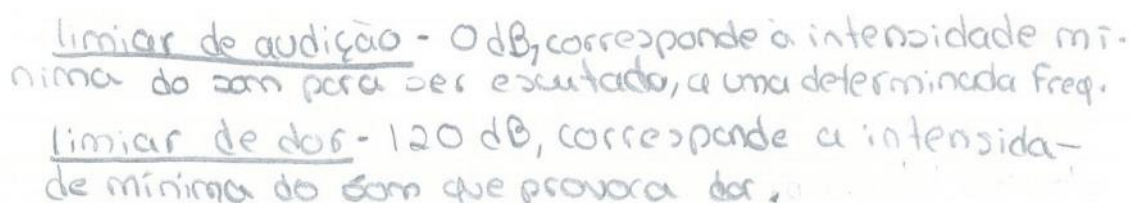
A10: ...Construir gráficos que representam a onda sonora.

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

Nestes excertos, a alusão aos atributos do som e a referência às zonas de rarefação e compressão bem como à representação gráfica das ondas sonoras, demonstra que os alunos associaram o como as características do som dependem das propriedades da onda sonora.

### **Deteção do som pelo ser humano**

Depois de saberem que o som pode variar em altura e intensidade, os alunos aprenderam que a audição humana está restrita a uma gama limitada de frequências e que para uma dessas frequências há um limite mínimo para o qual o som é percecionado (limiar de audição) e outro limite mínimo a partir do qual a intensidade do som provoca dor (limiar de dor):



limiar de audição - 0 dB, corresponde à intensidade mínima do som para ser escutado, a uma determinada freq.  
limiar de dor - 120 dB, corresponde à intensidade mínima do som que provoca dor.

(Registos escritos, Grupo 5, tarefa 4)

As definições dos limiares de audição e de dor resultou da pesquisa efetuada no manual e foi necessária para a correta interpretação de audiogramas. Resultado da interpretação dos audiogramas, foi possível aos alunos explicar porque é que o ouvido humano não ouve todos os sons:

Porque nem todos os sons estão acima do  
nosso limiar de audição  
- Para cada frequência, não ouvimos os sons abaixo do limiar  
de audição  
O ouvido humano não ouve em todas as frequências  
infrassons, sons audíveis, ultrassons  
20Hz 20000Hz Espectro sonoro

(Registos escritos, grupo 4, tarefa 4)

Os alunos distinguiram dois fatores diferentes que condicionam a audição humana (gama de frequências audíveis e intensidade mínima a cada frequência dentro dessa gama) e ainda estabeleceram o espectro sonoro, identificando os sons audíveis e os não audíveis como infrassons e ultrassons.

## Estratégias usadas

Ao longo de toda a intervenção e da execução das tarefas, e com vista à promoção das competências nas diferentes vertentes já mencionadas, várias foram as estratégias utilizadas. Pela análise dos dados, criaram-se dentro desta categoria as subcategorias: discussão em grupo, discussão em turma, *feedback* do professor e características das tarefas.

### Discussão em grupo

Na procura de hipóteses que pudessem dar resposta às questões de como é produzido o som (mais concretamente: como a melga faz o zumbido e como esse som chegava até ao Sr. Somsível), os alunos discutiram pistas, a partir da informação dada no texto da história:



A17: Então quais são as dúvidas do Sr. Somsível?  
 A20: Olha, são as questões que estão aqui! [aponta para o texto]  
 A17: Sim, esta: ‘como fazes esse zumbido?’.  
 A20: É com o bater das asas...zzzzzzz. ‘E como chega até mim?’ Fazendo-as vibrar.  
 A17: Não! Vibrando...fazendo-as vibrar é quando bate as asas, isso é que causa o zumbido.  
 A20: Pois, batendo as asas e vibrando chega até ele.  
 A17: Oh pá! Não! Vibrando é que faz o zumbido!  
 A20: E então o que é que respondemos como chega até ele?  
 A17: Não sei. Temos que pensar. Vamos chamar o professor.  
 A20: Sim, mas se estamos de acordo, já podemos responder a esta!

(Registo vídeo, grupo 3, tarefa1)

Como se constata, pela discussão e partilha de ideias, os alunos concluíram que é a vibração das asas a responsável pela produção do zumbido, ou seja, do som, construindo desta forma o próprio conhecimento. A hipótese colocada pelo grupo para a questão de como o som é produzido (como fazes esse zumbido?) foi:

como fazes esse zumbido fazendo-as vibrar (a2-a3a3)

(Registo escrito, grupo 3, tarefa1)

Verificou-se que a hipótese colocada resultou da discussão efetuada pelos membros do grupo.

Na tarefa 4, os alunos traçaram a linha correspondente ao limiar de audição do Sr. Somsível (audiograma), a partir de uma tabela de valores de frequência e correspondentes valores de intensidade sonora mínimos, a partir dos quais o Sr. Somsível percecionava o som. Apresentado um outro gráfico do nível de intensidade sonora em função da frequência, onde estavam assinalados os limiares de audição e de dor de referência para uma audição normal, era requerido aos alunos que, comparando as duas representações gráficas, concluíssem qual o motivo para a sensibilidade auditiva do Sr. Somsível. Na procura de uma resposta, o grupo 5 promoveu a seguinte discussão:

A14: Não estou a perceber o que é para fazer aqui!  
 A15: Então, temos de comparar os dois gráficos.  
 A14: Mas eles são completamente diferentes!  
 A14: Está bem, mas esta linha que está aqui [limiar de dor] não tem nada a ver... só temos de olhar para esta de baixo, a do limiar de audição.  
 A19: Mas como é que sabemos que é esta?

A14: Não vês que na tabela diz mínimo detetado? Isso é do limiar de audição... e esse é cá em baixo.

A19: Ah! Ya! Mas então o que é que dizemos?

A15: Não sei, temos de comparar...

[ficam todos a olhar para as representações gráficas]

A19: Aqui para os 1000 Hz é zero e no outro é mais... ele ouve pior!

A15: Não! Ele ouve antes!

A19: Antes de quê?

A15: Dos outros [risos].

A14: Não! Os outros ouvem a partir deste valor de intensidade sonora [aponta para o audiograma] e o Sr. Somsível ouve a partir de valores mais baixos.

A15: Olhem! Olhem! Isso também acontece para outros valores de frequência!

A19: então é isso! Agora, como é que escrevemos?

(Registo vídeo, grupo 5, tarefa 4)

Da discussão ocorrida entre os elementos do grupo, evidencia-se que a partilha de ideias e a interpretação que cada aluno fez dos gráficos, foi contribuindo para a sua aprendizagem e conhecimento, ajudando não só a dar resposta à questão, mas também a interiorizarem melhor o conceito de limiar de audição e do seu significado. Após a discussão e de pensarem em como dar a resposta, os alunos responderam:

chegamos à conclusão que a intensidade sonora do limiar de audição do audiograma do Sr. Somsível é mais baixa do que a de uma pessoa normal, o que demonstra que o Sr. Somsível ouve mais do que uma pessoa normal, tornando-o mais sensível aos sons.

(Registo escrito, grupo 5, tarefa 4)

Quando respondem “ouve mais”, os alunos querem referir-se a que ouvem a partir de níveis de intensidade sonora mais baixos. De qualquer forma, esta resposta reflete a aprendizagem efetuada através da discussão em grupo, sintetizando os consensos alcançados e que se coadunam com os objetivos de aprendizagem.

## Discussão em turma

Na primeira parte da tarefa 2, pretendia-se que os alunos determinassem o valor da velocidade de propagação do som no ar. O professor verificou, a partir da observação do trabalho autónomo de cada grupo, que a leitura e interpretação do gráfico da intensidade sonora em função do tempo constituiu uma dificuldade para os alunos. Assim, durante a discussão coletiva, deu-se relevância à determinação do intervalo de tempo que o som demorou a percorrer a distância de 510 metros (distância esta que havia sido calculada a partir da informação presente no mapa):

Professor: A determinação do tempo parece-me que foi um pouco mais complicada... tinham que utilizar qual das figuras? [dirigindo-se ao grupo 5]

A14: A figura 2.

Professor: Expliquem lá como chegaram ao valor?

[o porta-voz do grupo não consegue explicar]

Professor: Expliquem lá vocês... [dirigindo-se ao grupo 2]

A16: Então... o zero é às oito e quinze... e depois a intensidade do som é mais forte às oito e dezasseis...

Professor: dezasseis?

A16: Não...oito e quinze e um segundo e meio.

A15 [de outro grupo]: Como é que chegaram a essa conclusão?

Professor: O que diz a figura, na sua legenda? Que é a contagem do tempo a partir das oito e quinze. Isso significa o quê?

A16: Que o instante igual a zero no gráfico corresponde às oito e quinze.

Professor: Portanto, o tempo começa a contar dali, a partir das oito e quinze.

A15: Então é um minuto e meio!

Professor: Minuto e meio?

A15: Ah! Um segundo e meio porque está ali [referindo-se às unidades de tempo no eixo das abcissas] em segundos.

Professor: Na história, fala-se de 'som mais intenso'. Como vemos isso no gráfico? Se temos um gráfico de intensidade sonora em função do tempo...

A11: É a barra maior!

Professor: Sim, e a que tempo corresponde essa barra?

A10: Ah! Já percebi! Essa barra está no tempo um segundo e meio.

Professor: Ok! Será esse então o tempo que passou desde as oito e quinze até o Sr. Somsível ter ouvido o som do sino.

(Registo vídeo, discussão coletiva, tarefa 2)

Perante as dificuldades de alguns alunos, esta discussão foi produtiva, na medida em que ajudou a interpretar um gráfico e a informação que dele se extrai, nomeadamente, neste caso, o intervalo de tempo de propagação do som, necessário para o posterior cálculo do valor da velocidade de propagação do som no ar.

Ainda na mesma tarefa, para chegar ao valor da velocidade de propagação do som no ar, era necessário fazer o cociente entre a distância percorrida pelo som e o intervalo de tempo que o som demorou a percorrê-lo, mas verificou-se, durante a discussão coletiva, que alguns dos grupos não o tinham conseguido:

Professor: E agora, com estes dados [distância e tempo], como é que vamos chegar à velocidade? Grupo 1, querem partilhar como fizeram?

A8: Professor, nós não conseguimos fazer essa...

Professor: Mas não têm ideia de como lá chegar?

A8: [Olha para os dados] ... Não!

[Não tendo este grupo conseguido relacionar as grandezas que haviam determinado, o professor solicitou a outro grupo que partilhasse a sua resposta]

Professor: Grupo 6, querem ajudar?

A2: O nosso grupo fez a distância a dividir pelo tempo porque, por exemplo, na velocidade das reações químicas é a massa a dividir pelo tempo, a velocidade do som deve ser a distância a dividir pelo tempo, ou seja, quinhentos e dez a dividir por um vírgula cinco, que dá trezentos e quarenta metros por segundo.

Professor: Vai então ao quadro expor a vossa resolução.

[Procurando outras estratégias possíveis de resolução que os alunos pudessem ter explorado, o professor questionou:]

Professor: E alguém fez de forma diferente?

A13: Nós fizemos por uma regra de três simples, mas dá a mesma coisa. Se quinhentos e dez metros está para um segundo e meio, quanto está para um segundo.

Professor: Sim, também é um processo válido. Já vêm ao quadro mostrar.

(Registo vídeo, discussão coletiva, tarefa 2)

Ficou patente para os alunos que existe mais do que uma estratégia possível para chegar à resposta pretendida. Procurando ainda que quem não havia chegado a uma relação possível entre distância e tempo, pudesse perceber que, a partir de situações do dia-a-dia, talvez conseguisse relacionar os dados que dispunha, o professor prosseguiu a discussão:

Professor: Mas pensem lá comigo, no nosso dia-a-dia quando temos algumas referências a velocidade, normalmente não vêm expressas nestas unidades, embora sejam estas [metro por segundo], as unidades SI.

A4: O que é SI?

Professor: Sistema Internacional de Unidades, as que se usam pela comunidade científica como referência, comuns para todos. Há também outras que se podem utilizar, utilizando por exemplo múltiplos e submúltiplos dessas unidades; nomeadamente, no nosso dia-a-dia, quando andamos de carro, o velocímetro marca valores em que unidades?

A4: Quilómetros...

Professor: Quilómetros? Só?

A4: ... Por hora.

Professor: Quilómetros por hora. Reparem, quilómetros é uma unidade de quê?

A4: De medida... de distância.

Professor: E hora, é uma unidade de quê?

A10: Tempo!

Professor: Tal como aqui, temos uma distância e um tempo. Olhando para estas unidades, e no geral, para as unidades de grandezas que dependem de outras, podemos chegar à relação que existe entre elas. Só que aqui tínhamos a distância em metros e o tempo em segundos, logo a velocidade vem logo em metros por segundo.

A8: Ah! Pois! Se nos tivéssemos lembrado, conseguíamos fazer!

(Registo vídeo, discussão coletiva, tarefa 2)

Denota-se, através da discussão coletiva, que os alunos adquiriram novo conhecimento científico, mesmo os que durante a realização do trabalho autónomo não o tinham conseguido. As aprendizagens não ocorreram só no que respeitava ao objetivo principal, ou seja, a determinação de um valor de velocidade (concretamente da propagação do som) a partir de uma distância e de um tempo, mas também no que toca a nova terminologia científica. Os alunos desconheciam, e passaram a saber o que representavam as unidades SI: Sistema Internacional de Unidades, bem como para que servia a uniformização de utilização das mesmas unidades pela comunidade científica.

Salienta-se ainda que “na discussão coletiva da segunda parte da tarefa, dado cada grupo de alunos ter trabalhado com um instrumento musical diferente na procura de responder ao que causa o som e como chega até nós, frisaram-se os aspetos comuns na produção do som evidenciados pelos alunos de cada grupo na sua comunicação oral à turma, tendo estes aprendido que todos os instrumentos (extrapolação para qualquer fonte sonora) podem produzir vibrações, sendo essas que dão origem ao som. Diferenciaram-se assim vários tipos de vibração” (notas de campo do professor, tarefa 1). Da mesma forma, “foi após realização da atividade prática e observações realizadas dessa atividade, e durante a discussão coletiva que a necessidade de propagação das vibrações através do ar (meio material) até ao recetor foi apreendida pelos alunos como condição necessária para se ouvir o som” (notas de campo do professor, tarefa 1).

### ***Feedback do professor***

Dado o cariz das tarefas, onde as questões não tinham respostas diretas, verificou-se que o *feedback* do professor contribuiu em vários casos para a orientação do trabalho dos alunos, encaminhando-os no sentido de progredirem nos seus raciocínios em busca de uma resposta aos problemas ou questões propostas. Durante a realização da tarefa 1, o grupo 3, em face da incapacidade de interpretar o que era pedido numa questão, solicitou a presença do professor:

A20: Professor! O que é que é para fazer na questão 1.2? [como chega o som ao recetor?]

Professor: Bom, parece-me que já chegaram ao que causa o zumbido, como é produzido o som, não é?...E não é produzido onde a melga está?...Mas depois nós ouvimo-lo. Agora têm de tentar explicar como é que o som, de onde é produzido, acaba por chegar até nós. Como é que sei?

A17: Pelo eco!

A20: Então! Isso não é assim!

Professor: Então como é? Porque é que ele ouve?

A20: Por causa que há espaço...

A17: Yaaa!

Professor: Boa, parece-me que estás a chegar lá. O som tem de o quê? De onde a melga está até chegar a outro sítio tem de...

[O aluno A20 faz um gesto com a mão]

Professor: É isso! É isso! Têm agora de encontrar uma palavra para esse gesto e construir uma frase para dar a resposta.

(Registo vídeo, grupo 3, tarefa 1)

Na continuação desta discussão, os alunos falaram na palavra transmissão do som através do espaço, mas na elaboração da hipótese responderam apenas:

Handwritten text in Portuguese: "E como chega até mim? - Através do espaço". The text is written in a cursive, informal style with some corrections and a question mark.

(Registo escrito, grupo 3, tarefa1)

Embora os alunos tenham utilizado a palavra “espaço” em vez de ar, para identificar que o som propaga-se desde a fonte (melga) até ao recetor (ouvido do Sr. Somsível), usaram oralmente também a palavra transmissão, indiciando uma compreensão de que o som, para ser percecionado, tem de ser propagado após produzido até ao recetor. No entanto, não utilizam a linguagem científica mais adequada.

Durante o trabalho autónomo dos alunos na parte 2 da tarefa 4, a comparação dos dois audiogramas do Sr. Somsível correspondentes a momentos diferentes da sua vida, de modo a concluir se este havia perdido ou não capacidade auditiva, pressupunha a análise dos limiares de audição em ambos os casos. No grupo 2, a constatação do aumento do limiar de audição para o audiograma mais recente foi feita, mas sem que isso traduzisse uma conclusão imediata da consequente perda auditiva por parte do Sr. Somsível. Neste caso, o *feedback* do professor ajudou a tirar essa conclusão, como está patente no seguinte excerto:

A16: Professor, o limiar de audição aumenta, não é?

Professor: Sim. E isso o que vos diz?

A12: Que ele ouve melhor... se aumenta...

Professor: Bom, o seu limiar de audição aumenta, e o que significa esse limiar de audição?

A16: A gente escreveu aqui o que estava no livro: ‘intensidade mínima do som para ser escutado’.

Professor: Então, se o limiar de audição corresponde ao limite mínimo de intensidade que permite ouvir o som e este aumentou...

A12: Ah! Pois é. Este limiar aumentou mas ele diminuiu a audição!

Professor: Bem, será que podem dizer diminuiu a audição?

A16: Ok. Sofreu uma perda auditiva, está aqui no enunciado... e ficou menos sensível ao som!

(Registo vídeo, grupo 2, tarefa 4)

Como se observa, o questionamento do professor, a partir da interpretação que o grupo já tinha feito da comparação entre audiogramas, remeteu para o significado de limiar de audição, tendo-os ajudado a tirar conclusões. Os alunos puderam também interiorizar melhor o que é o limiar de audição, relacionando-o com o mínimo de intensidade sonora a cada frequência que permite ouvir um som.

### **Características das tarefas**

A forma como as tarefas foram desenhadas e a sequência das atividades e questões propostas, tiveram como objetivo conduzir os alunos num processo onde puderam vivenciar várias experiências educativas que conduziram à aprendizagem de conceitos científicos relacionados com o som. A título de exemplo, apresenta-se como é que as características das tarefas 1 e 2 o proporcionaram. Na tarefa 1, o registo das observações resultante da atividade *hands on* efetuada com os instrumentos musicais na

procura do que causa o som e como chega até nós, ajudou na resposta ao problema que inicialmente se colocava, permitindo validar ou refutar as hipóteses colocadas:

Batemos com o martelo no diapásão e colocamos o diapásão na água e a água vibrou, na 2ª vez que repetimos em processo e batemos com o martelo no diapásão com mais força a água vibrou tanto que saiu da tina de vidro,

Batemos com o martelo no diapásão e encostamos à bola de esferovite e esta começou a abanar.

(A vibração do diapásão fez com que a água saísse da tina de vidro e fizessem também com que o ovo de esferovite se mexesse).

(Registo escrito, grupo 1, tarefa 1)

Estas observações, resultantes da atividade realizada, levaram a que os alunos concluíssem que:

A 1ª hipótese foi validada, o som é feito através de vibrações.

A 2ª hipótese foi validada, porque as vibrações (ondas sonoras) propagaram-se desde o diapásão (fonte) até à água e até ao ovo de esferovite.

(Registo escrito, grupo 1, tarefa 1)

Não podendo testar a melga, os alunos utilizaram instrumentos musicais, chegando de igual forma aos conceitos de fonte sonora, meio material e recetor, bem como à necessidade da existência de uma vibração inicial que se transmite e propaga-se ao meio material para que haja som produzido, propagado e percebido.

Na tarefa 2, o estabelecer previsões e poder testá-las (atividade do fio e da colher), para dar resposta à questão problema, contribuiu para a concretização de uma



comparação entre os diferentes valores de velocidades de propagação do som, consoante o estado físico dos meios materiais. A previsão do grupo 4 foi:

A velocidade da propagação do som é maior nos corpos do que no ar, porque a velocidade no geral é maior nos sólidos do que nos gases.

(Registo escrito, grupo 4, tarefa 2)

Já a descrição de como ouviram o som nas duas situações (através do ar e do fio) foi:

Na primeira situação ouve-se um pequeno som, na segunda pelo contrário o som aumenta e isto comprova que a velocidade da propagação do som é maior nos corpos (nesse caso na corda) e maior do que no ar.

(Registo escrito, grupo 4, tarefa 2)

A linguagem utilizada para descrever o que ouviram e sentiram não é cientificamente adequada quando referem “pequeno som” e “o som aumenta”, mas fica evidente que a experiência sensorial levou-os a validar a sua previsão. Tendo só relacionado os valores de velocidades de propagação do som em meios sólidos e gasosos, os alunos efetuaram ainda uma pesquisa de forma a poder relacionar, na generalidade, os valores de velocidades de propagação do som nos três estados físicos:

A velocidade do som é maior nos sólidos, depois nos líquidos e depois nos gases porque o nível de agregação é maior nos sólidos, depois nos líquidos e depois nos gases.

(Registo escrito, grupo 4, tarefa 2)

Os alunos puderam sistematizar a relação entre os valores de velocidades de propagação, incluindo agora o estado líquido. Além disso, associaram-nas ao comportamento dos corpúsculos, a natureza corpuscular da matéria, concretamente o estado de agregação corpuscular, lecionado no âmbito da química.

## **Dificuldades dos alunos durante a aprendizagem da temática som**

A resolução de problemas pode exponenciar uma aprendizagem mais significativa. Contudo, pelas suas características e envolvimento ativo por parte dos alunos, traz em si dificuldades inerentes a todo o processo. Essas dificuldades são acrescidas pela estratégia que se insere, relativamente à que os alunos estão habituados. Assim, embora se tenham já abordado as aprendizagens, estas não aconteceram sem que tivessem havido também dificuldades. Consideram-se duas categorias, nomeadamente o conhecimento substantivo e o conhecimento processual. Também neste caso e nos exemplos retratados, estarão evidenciadas, paralelamente e em ambas as categorias, as dificuldades que se prendem com as competências de raciocínio (identificar o problema, estabelecimento de hipóteses, de previsões e de comparações) e comunicação (leitura e interpretação da história e respostas escritas), pelo que se optou por não criar categorias específicas nesta secção para estas competências.

### **Conhecimento substantivo**

Tal como para as aprendizagens, consideram-se as dificuldades dos alunos em termos dos conceitos científicos subjacentes a cada tarefa, estabelecendo-se assim as mesmas subcategorias utilizadas para as aprendizagens em termos de conhecimento substantivo, explorando-se agora as dificuldades sentidas pelos alunos.

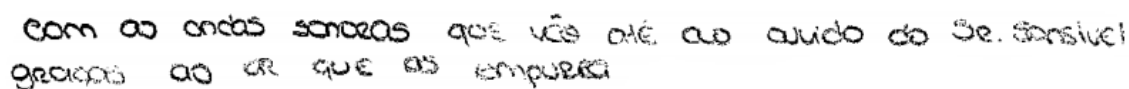
#### **Produção, propagação e receção do som**

Embora o som esteja presente de forma inequívoca no seu dia-a-dia, “os alunos referiram, quando questionados, que até esta altura ainda não se tinham debruçado, nem que por curiosidade, em como este é produzido e como chega até si” (notas de campo do professor, tarefa 1). A impossibilidade de visualização da propagação do som no ar acrescenta uma dificuldade para os alunos em percecioná-la, aliás como já mencionado e descrito pela literatura. Constatou-se esse facto nos registos escritos dos alunos:

*a melga faz o zumbido com as suas asas,  
através das ondas sonoras.*

(Registo escrito, grupo 5, tarefa 1)

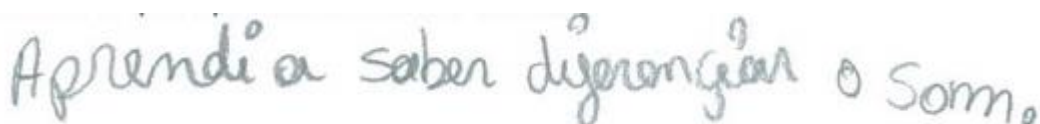
Na tentativa de explicar a causa do som da melga, os alunos deste grupo identificam o bater das asas como causa do som, mas atribuem-no a ondas sonoras (propagação da vibração) e não a uma vibração inicial da fonte sonora. Pela abstração necessária, os alunos sentiram ainda mais dificuldades na explicação de que, para ser percebido pelo recetor, o som necessita de propagar-se, utilizando termos como “necessita de espaço” (registo escrito, grupo 3, tarefa 1), “o som é projetado pelo ar” (registo escrito, grupo 5, tarefa 1) e “o ar que empurra...”, este último retratado na resposta completa do grupo, onde explicam como o som chega até ao recetor:



(Registo escrito, grupo 6, tarefa 1)

Embora se perceba que os alunos reconhecem a necessidade da propagação, as suas explicações carecem de utilização adequada de linguagem e evidenciam conceções resultantes da tentativa de materializar o fenómeno.

Sendo o objetivo de aprendizagem desta tarefa a produção, propagação e receção do som, alguns alunos sentiram dificuldades em relacionar as atividades com esse objetivo, ou não o souberam expressar, escrevendo na sua reflexão final, que o que tinham aprendido foi:



(Registo escrito, A1, Tarefa1)



(Registo escrito, A13, Tarefa1)

Como se verifica, sendo as questões problema relacionadas com o que causa o som e como este é propagado e chega ao recetor, estes alunos mostraram ter dificuldades em mobilizar os conceitos propostos para a tarefa.

A atribuição, ao ar, como meio primordial, senão único, para a propagação do som é uma conceção descrita que também ficou evidenciada, desta feita durante a

realização da tarefa 2, onde este grupo tenta prever, como mostrado em alguns filmes de índios e *cowboys*, porque os índios encostam a orelha aos carris das linhas de ferro para saber se um comboio se está a aproximar:

Os índios, nos filmes, encostam a orelha às linhas férreas para sentir as vibrações que o barulho do comboio cria, pois não ouvem o som do comboio que está distante mas sentem as vibrações.

(Registo escrito, grupo 1, Tarefa1)

Nesta previsão, as vibrações não são associadas diretamente ao som. São, outrossim, associadas a algo paralelo que o som cria e que se sente, uma vez que é dito que se sentem as vibrações mas que não se ouve o som. Na verdade o som sente-se através do carril e não pelo ar, sendo que os alunos atribuem esse facto somente à sensação de vibração, excluindo a possibilidade de essa vibração estar associada ao som que chega pelo carril.

### **Velocidade de propagação do som no ar e noutros meios materiais**

Uma das dificuldades que os alunos apresentam prende-se com a tradução ou explicação do significado (neste caso físico) das grandezas que aprendem, não sendo exceção o caso da velocidade. Quando, na tarefa 2 se pedia o significado do valor que os alunos calcularam (a velocidade de propagação do som), um aluno respondeu:

É a velocidade de propagação do som no ar.

(Registo escrito, A7, tarefa2)

O aluno não foi capaz de interpretar o que era pedido, não traduzindo o significado do valor calculado, que seria a distância percorrida pelo som no ar (340 m) durante um segundo, apenas voltando a referir que o valor diz respeito à velocidade de propagação.

O próprio cálculo do valor da velocidade de propagação do som no ar, a partir de uma distância e de um intervalo de tempo, constituiu para alguns alunos uma dificuldade. Essa dificuldade foi relatada na secção das aprendizagens, visto esta ter sido superada, tendo resultado em aprendizagem dos alunos após discussão coletiva.

Ainda assim, uma primeira discussão em turma, ocorrida na introdução da tarefa 2, permitiu identificar algumas concepções, que podem ter traduzido e justificado as dificuldades sentidas ao longo da realização da tarefa, na tentativa de dar resposta ao que era solicitado. O seguinte excerto é exemplificativo:

Professor: Bom, o que se pretende é que determinem a velocidade de propagação do som... mas, a não ser em química, no contexto das reações e aí era um bocadinho diferente, nunca calcularam velocidades, pois não?

Alunos: Não!

Professor: Têm dados suficientes para a calcular, só têm de descobrir o que relacionar, alguém tem desde já alguma ideia?

A14: Então, a velocidade é o tempo que se demora...

Professor: Bem, o tempo é importante, mas a velocidade não é a mesma coisa que o tempo, vais ter de pensar um pouco mais... discutam em grupo como podem calcular!

(Registo vídeo, discussão coletiva, tarefa2)

Registou-se que “a associação da velocidade com apenas um instante dificultou, em alguns casos, a procura de relações entre os dados fornecidos na tarefa para o cálculo do valor da velocidade, ainda mais porque estes não eram dados diretamente, mas através da interpretação de gráficos. A interpretação de gráficos constituiu em si mesma, uma dificuldade” (notas de campo do professor, tarefa 2).

Na segunda parte da tarefa, os alunos tiveram dificuldades em explicar a relação da atividade realizada com o objetivo de aprendizagem, a comparação dos valores das velocidades de propagação em diferentes materiais (consoante o estado físico). Com algumas incorreções na descrição de como ouviram os sons nas diferentes situações (através do ar e do fio), os alunos de um grupo relacionaram as diferenças das sensações auditivas percebidas com o facto da velocidade de propagação do som ser maior nos sólidos do que nos gases:

Na primeira situação o som era  
menos intenso do que na segunda  
situação.  
Visto que na 2ª situação o ouvido estava  
mais perto do meio material, do que  
na 1ª - ar + carris  
A velocidade de propagação do som é maior  
em geral, nos sólidos que nos gases.  
↳ carris ↳ ar

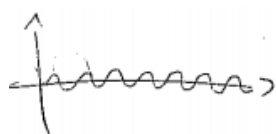
(Registo escrito, grupo 3, tarefa 2)

O som ouviu-se primeiro através do fio, mas foi interpretado como tendo maior intensidade. A causa foi atribuída ao facto de este ter sido colocado perto do ouvido, ou seja, à proximidade do recetor ao meio material, e não à maior velocidade de propagação do som. A conclusão a que chegam, que a velocidade de propagação é maior nos sólidos (fio ou carril) do que nos gases (ar), não se relaciona com a explicação que deram.

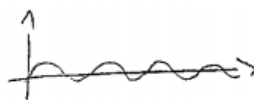
O professor registou também que, “na parte da tarefa em que os alunos deviam ter procurado uma relação entre os diferentes valores de velocidades de propagação do som consoante o estado físico dos materiais, a conceção de que o meio único para a propagação do som é o ar, fez com que alguns alunos previssem inicialmente que o som propaga-se com maior velocidade nos gases (caso do ar), relativamente a sólidos e líquidos” (notas de campo do professor, tarefa 2).

### Atributos do som

É comum no nosso dia-a-dia utilizar as expressões mais alto e mais baixo para nos referirmos à intensidade do som, pelo que naturalmente a interiorização do conceito de sons altos e baixos como sendo sons de altas e baixas frequências, respetivamente, revelou ser uma dificuldade inicial para a distinção da altura dos sons. Posteriormente, no contexto da tarefa 3, que versava sobre os atributos altura e intensidade do som, essa dificuldade foi ultrapassada, na maior parte dos casos. Ainda assim, mesmo depois de ter sido usado o simulador para testar os diferentes sons, a compreensão dos atributos altura e intensidade e a sua tradução nas representações gráficas das ondas sonoras, verificou-se constituírem uma dificuldade. Alguns grupos não foram capazes, por um lado, de reproduzir adequadamente os sons pedidos e, por outro, não associaram corretamente nem a variação da intensidade do som com o aumento ou diminuição da amplitude da onda sonora, nem a variação da altura com a variação na frequência (maior ou menor número de vibrações por unidade de tempo). São exemplo as seguintes representações:



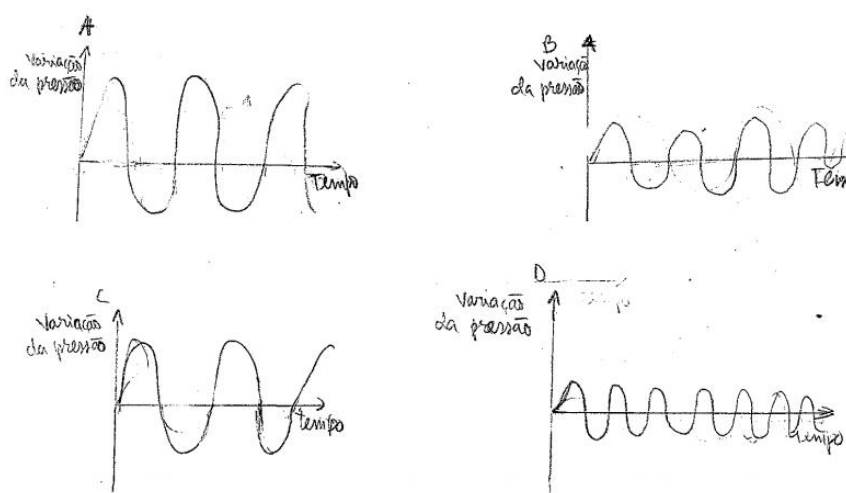
caso A : 900 Hz / 3 cm



caso B: 400 Hz / 4 cm.

(Registo escrito, grupo 3, tarefa 3)

Os sons reproduzidos no simulador correspondiam respetivamente a: caso A – som forte e agudo; caso B – som fraco e agudo; caso C – som forte e grave e caso D – som fraco e grave. Constatou-se que este grupo reduziu significativamente a frequência no simulador e aumentou a amplitude entre os casos A e B, não correspondendo ao que era solicitado. De igual modo, as ondas representadas não evidenciam uma variação significativa nem na frequência nem na amplitude que corresponda à diferença dos sons que testaram, mesmo não tendo sido estes reproduzidos de acordo com as indicações. Expressam, desta forma, a dificuldade que sentiram em apreender os conceitos de altura e intensidade do som e quais os fatores de que dependem. Já outro grupo teve dificuldade em traduzir a variação da altura do som com a variação da frequência:



(Registo escrito, grupo 4, tarefa 3)

Enquanto a variação de amplitude está corretamente representada de A para B e de C para D, diminuindo e traduzindo a passagem de um som forte para fraco, a frequência (número de vibrações por unidade de tempo) de A para C é quase a mesma, quando devia diminuir. De C para D, a frequência parece também aumentar quando devia diminuir, dado que em ambos os casos os sons passaram de agudos a graves. Da mesma forma que o exemplo anterior, este grupo revelou não conseguir traduzir as variações nos atributos do som nas representações gráficas das ondas sonoras respetivas.

Quando solicitados que explicassem de que dependem a altura e intensidade do som, dando resposta ao problema do Sr. Somsível, houve ainda um grupo que revelou dificuldade na compreensão dos conceitos associados aos atributos do som:

Altura e a intensidade do som dependem da variação da  
pressão ao longo da direção do tempo  
A altura varia em relação à amplitude e a intensidade  
em relação à frequência.

(Registro escrito, grupo 4, tarefa 3)

Por um lado, a primeira frase da sua resposta remete para uma materialização da representação gráfica da onda sonora, como se essa representação fosse mesmo a onda sonora a propagar-se, referindo as grandezas constantes nos eixos dos gráficos que traçaram. Por outro, na segunda frase os alunos fizeram depender a altura da amplitude (embora refiram incorretamente “ampliação”) e a intensidade da frequência, quando deveriam ter chegado à conclusão contrária, revelando assim não ter compreendido os fatores de que dependem os dois atributos do som trabalhados nesta tarefa.

### **Deteção do som pelo ser humano**

A abordagem à audição pelo ser humano foi feita na tarefa 4, a partir da construção e interpretação de audiogramas, partindo-se daí para a análise dos fatores que condicionam a percepção do som pelo Homem, nomeadamente a frequência e o nível de intensidade sonora para cada frequência. Os conceitos de limiar de audição e limiar de dor revelaram ser de difícil compreensão, tendo dificultado a interpretação dos gráficos e das condições de sensibilidade ao som, assim como de perdas auditivas.

Os alunos construíram um gráfico (audiograma) a partir de uma tabela de valores de frequência e dos respetivos níveis de intensidade sonora a partir dos quais o Sr. Somsível percecionava os sons. “Embora todos os alunos tenham, no final, conseguido realizar o gráfico, não estiveram isentos de dificuldades, nomeadamente na atribuição das grandezas envolvidas aos eixos (perceber qual a variável dependente e independente), na dificuldade adicional dos valores de frequência terem de ser colocados no gráfico sem refletirem uma escala e sobretudo em marcar os pontos referentes a cada par de valores de modo a estabelecer o limiar de audição pela união desses pontos, tendo havido vários alunos que começaram por elaborar um gráfico de barras (notas de campo do professor, tarefa 4).

Na tentativa de explicar a sensibilidade auditiva do Sr. Somsível por comparação do seu audiograma com um diagrama de audibilidade padrão, um dos grupos respondeu:



Como o Sr. Somsível tem os ouvidos sensíveis ele tem um limiar de audição de min. 0 dB sem 1000 Hz e tem um máx. de 50 dB em 50. Enquanto uma pessoa sem problemas auditivos tem um máx. de 100 dB e tem um mín de 10 dB  $\Rightarrow$  ambos no limiar de audição.

(Registo escrito, grupo 4, tarefa 4)

Vários são os problemas de interpretação e compreensão de conceitos evidenciados nesta resposta. Por um lado, a sensibilidade auditiva é tomada como um problema auditivo. Por outro, são comparados níveis de intensidade sonora mínimos audíveis (limiar de audição) e máximos sem sentir dor (limiar de dor) a várias frequências, tendo-se tomado esses valores indiferenciadamente como se todos correspondessem ao limiar de audição. Mesmo depois da pesquisa no livro sobre o significado de limiar de audição e limiar de dor, este grupo revelou dificuldade em interpretar os gráficos e dele extrair as informações necessárias para dar uma resposta adequada.

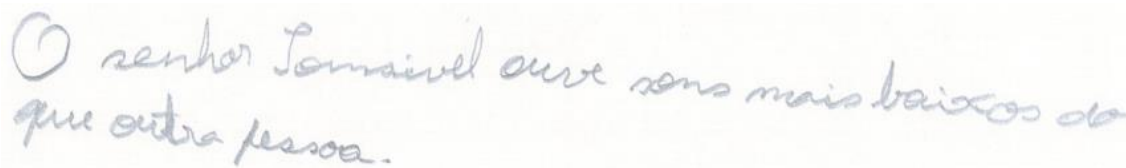
O facto de o audiograma do Sr. Somsível construído pelos alunos ser comparado com um diagrama de audibilidade onde constavam os limiares de audição e de dor para várias frequências, dificultou também a interpretação por parte dos alunos. Isto é evidenciado por outra resposta que pretende justificar a sensibilidade auditiva do Sr. Somsível (a resposta devia referir o limiar de audição mais baixo do Sr. Somsível comparativamente ao padrão):

a causa do sr. Somsível é porque o limiar de dor do sr. Somsível são mais baixos.

(Registo escrito, grupo 5, tarefa 4)

Como se constata, os alunos utilizaram o termo limiar de dor quando deviam ter usado limiar de audição, mostrando assim confundirem o significado de ambos.

Sendo a causa da sensibilidade auditiva do Sr. Somsível o facto de o seu limiar de audição de audição ser mais baixo que o padrão, um outro aluno de outro grupo deu ainda uma resposta que configura uma confusão de conceitos:



(Registo escrito, A13, tarefa 4)

O limiar de audição ser mais baixo é aqui confundido com a audição de sons mais baixos que traduzem sons mais graves e não menos intensos, que são percecionados.

### **Conhecimento processual**

Durante a resolução de problemas, a procura do conhecimento e da compreensão de conceitos envolve o desenvolvimento de outro tipo de competências, enfrentando os alunos neste processo algumas dificuldades. As que foram sentidas na construção e interpretação de gráficos, parte integrante do conhecimento processual, foram retratadas indiretamente nesta secção na categoria conhecimento substantivo, pelo que não se criou aqui uma subcategoria específica para esse efeito. Assim, as subcategorias criadas relativamente às dificuldades sentidas no conhecimento processual dizem respeito ao registar evidências e tirar conclusões. É de ressaltar também que, no registo de evidências, que aqui se integram, transparecem também dificuldades que se prendem com a comunicação, conhecimento substantivo e raciocínio.

#### **Registar evidências**

Durante as atividades realizadas nas diferentes tarefas, a necessidade de registar evidências, em diferentes situações, revelou ser para alguns alunos uma dificuldade, transparecida nos seus registos escritos. Algumas vezes, essa dificuldade prendeu-se com a incapacidade de perceber na totalidade o fenómeno em estudo, outras com a falta de capacidade de traduzir por palavras e por escrito as evidências, denotando carências na linguagem corrente e na linguagem científica, outras ainda por conferirem um carácter interpretativo às evidências.

Na tarefa 1, na procura de uma resposta para o que causa o som e como este se propaga e chega até nós, os alunos utilizaram instrumentos musicais e alguns

acessórios, tendo que descrever por escrito o que observaram e, só posteriormente, relacionar as suas observações com as hipóteses estabelecidas. Verificou-se não ter sido sempre o caso e, como exemplo do que foi exposto, apresenta-se a resposta de um dos

verificamos que é através das ondas sonoras que fazem com que os papéis saltem, ou seja, são as vibrações que produzem a força

grupos que experimentou um tambor:

(Registo escrito, grupo 5, tarefa 1)

Salienta-se que o conceito de onda sonora ainda não tinha sido abordado ou referido nesta altura, pelo que a sua utilização na resposta resulta da discussão ocorrida pelos elementos do grupo onde um elemento terá sugerido a utilização do termo. No entanto, na verdade os alunos não observaram, visualizaram ou mesmo sentiram ondas sonoras, mas sim vibrações. O prosseguimento da resposta refere as vibrações, mas a utilização da expressão “...que produzem a força” revela uma confusão de conceitos científicos, nomeadamente quanto ao significado e, logo, ao uso incorreto de força, não tendo conseguindo exprimir ou não tendo sido claros na informação que queriam transmitir, relativamente ao que observaram. Adicionalmente, constata-se que a construção frásica não foi bem conseguida, transparecendo dificuldades na comunicação, na forma de expressão escrita.

Outro grupo a quem coube trabalhar com uma mini guitarra, testando a vibração das cordas e se essas vibrações se propagavam (foi disponibilizado uma pequena bola de esferovite suspensa num fio, para que constatassem se essas vibrações ao propagar-se movimentavam a bola). As vibrações produzidas pelas cordas ao serem tocadas foram visíveis, mas não transportavam energia suficiente para fazer movimentar a bola. No entanto, o que os alunos registaram foi:

Não aconteceu nada.

(Registo escrito, grupo 3, tarefa 1)

Haviam duas hipóteses a serem testadas, nomeadamente uma respeitante à produção do som e outra à sua propagação, e os alunos deste grupo não foram capazes de associar a vibração das cordas que observaram a nenhuma delas, ou não a registaram.

No seu registo referiram-se apenas à bola, que não se tinha movido (“não aconteceu nada”), validando ainda assim posteriormente as hipóteses que haviam formulado.

Na tarefa 2, a atividade realizada com a colher e o fio visava a comparação qualitativa dos diferentes valores de velocidades de propagação do som consoante o meio material. Num dos passos do procedimento, os alunos puseram a colher presa no fio a vibrar, batendo nela com outra colher, e ouviram o som resultante propagado pelo ar. Noutro, tiveram que encostar o fio ao ouvido enquanto a colher estava a vibrar. Nesta última situação, sentiram mais o som do que apenas quando este se propagou no ar e, dado que tocaram no fio, sentiram as vibrações a propagar-se, o que não aconteceu quando o som propagou-se apenas no ar.

No registo das suas observações, os alunos de um grupo descreveram como ouviram o som nas diferentes situações (pelo ar e pelo fio):

Na primeira situação não se sentiu as vibrações. Na segunda situação sentiu-se as vibrações muito fortes, ou seja o som também estava muito forte. porque o som é transmitido através de vibrações

(Registo escrito, grupo 5, tarefa 2)

Nestas observações, os alunos associaram o som a vibrações, mas referem não sentirem essas vibrações quando o som se propagou no ar, tendo-as sentido pelo fio. Afirmando que “...porque o som é transmitido através de vibrações”, passam a ideia de que não ouviram o som na primeira situação, por não terem sentido as vibrações, quando efetivamente ouviram-no. Falta clareza e organização na informação que querem transmitir, não conseguindo utilizar a linguagem adequada para traduzir e explicar o que observaram.

Na realização da tarefa 3, a partir do uso de um simulador, foi pedido aos alunos que desenhassem no papel as representações das diferentes ondas sonoras relativas aos sons que produzissem, para que posteriormente pudessem compará-las, com o objetivo de poder diferenciar os atributos do som e perceber de que dependem. Essas representações foram em alguns casos efetuadas sem muito detalhe:

Som	Exemplo de um objeto que faça este som	Expliquem como utilizaram o simulador para recriar o som	Desenhem a representação que aparece no simulador
Caso A: Forte e Agudo	flauta	frequência <del>1000 Hz</del> frequência no máximo	
Caso B: Fraco e Agudo	flauta transversal Sai	amplitude baixa frequência alta muita amplitude (-)	
Caso C: Forte e Grave	buzina de um caminhão	amplitude alta frequência baixa amplitude alta	
Caso D: Fraco e Grave	o bater do coração	frequência - amplitude -	

(Registo escrito, A3, tarefa 3)

Nesta situação, a utilização das representações efetuadas não ajudaram o aluno em causa a ter mais um elemento para utilizar na procura de atribuir aos sons que produziram os atributos a eles associados.

### Tirar conclusões

Algumas conclusões tiradas pelos alunos foram já aludidas no âmbito de outras subcategorias desta secção. Verificou-se que, mesmo tendo aprendido durante as tarefas processos e conceitos, no momento de tirar conclusões os alunos por vezes sentiram dificuldades, algumas vezes de comunicação, na forma como se exprimem por escrito ou comunicam oralmente o que escreveram, outras vezes devido a não terem integrado ou relacionado corretamente os conceitos inerentes a cada tarefa.

Recordando o registo de evidências feito por um grupo durante a tarefa 1, onde experimentaram instrumentos de forma a testar como era produzido e propagado o som, e onde escreveram que “não aconteceu nada”, ainda assim concluíram que as hipóteses que tinham formulado tinham sido validadas:

As hipóteses foram validadas

(Registo escrito, grupo 3, tarefa 1)

Perante os seus registos, este grupo valida as suas hipóteses, embora, pelos seus registos, essas hipóteses não pudessem ser validadas, de acordo como o registam ter observado.

Na sequência de atividades da tarefa 3, os alunos aprenderam os atributos do som, altura e intensidade, e de que dependem estes atributos. Durante a realização da tarefa, um dos grupos relacionou corretamente a altura com a frequência e a intensidade com a amplitude da onda sonora; no entanto, acabou por concluir de forma contrária, quando deram a resposta à questão problema:

Os colegas pediram-lhe para falar com uma frequência maior, mas queriam pedir-lhe para falar com uma amplitude maior.

(Registo escrito, grupo 2, tarefa 3)

Na verdade, quando identificaram o problema, os alunos referiram que os colegas do Sr. Somsível não tinham a consciência do que estavam a pedir (no sentido físico) ao pedir para falar mais alto (o que queriam era que falasse com uma voz mais forte). Contudo, na sua conclusão, associaram o pedido inicial dos colegas a falar mais alto no sentido físico, quando já tinham identificado anteriormente que o que os colegas pretendiam era que o Sr. Somsível falasse com uma intensidade sonora maior. Revelam, desta forma, confundirem ainda de que fatores dependem os atributos do som abordados na tarefa.

Relativamente à tarefa 4, sobre a audição humana, os alunos tiraram conclusões em vários momentos da tarefa, nomeadamente quando referiram uma causa para a sensibilidade auditiva do Sr. Somsível, quando decidiram se este tinha ou não sofrido perda auditiva ao longo do tempo e quando identificaram os motivos pelos quais não ouvimos todos os sons. Tendo analisado e comparado os audiogramas para referir se houve ou não perda de audição, um grupo deu a seguinte resposta:

O gráfico demonstra que o Sr. Somsível perdeu audição desde do último exame que realizou porque pode ter sido devido à poluição sonora, provocou prejuízos à sua audição.

(Registo escrito, grupo 1, tarefa 4)

Os alunos concluíram que houve perda auditiva, mas a justificação para esse facto não se fundamentou na interpretação dos gráficos, como era requerido, identificando causas exteriores à tarefa e para as quais não dispunham de informação.

O mesmo grupo, concluindo quanto aos motivos pelos quais não ouvimos todos os sons referiu:

O nível de intensidade sonora, para cada frequência a que uma pessoa é sensível logo 'a sons que o ouvido humano não detecta devido 'a sua frequência.

(Registo escrito, grupo 1, tarefa 4)

A frase é desconexa e desprovida de sentido, não tendo os alunos conseguido articular uma resposta que evidenciasse o seu raciocínio. Para a mesma questão, outro grupo concluiu que:

no, não ouvimos todos os sons pois o limiar de audição diferencia-se de pessoa para pessoa

(Registo escrito, grupo 5, tarefa 4)

Embora tenham constatado que cada pessoa tem um limiar de audição diferente, essa não é a justificação para o facto de não ouvirmos todos os sons. Pretendia-se que os alunos concluíssem que para cada frequência existe um limite mínimo de intensidade sonora para que o som seja audível e que ainda assim o ser humano não tem a capacidade de perceber toda a gama de frequências. O grupo não foi capaz de estabelecer estas relações para tirar conclusões.

### **Avaliação que os alunos fazem da estratégia de ensino utilizada**

Nesta secção apresentam-se os resultados referentes à avaliação que os alunos fizeram das tarefas, em particular, e de forma mais abrangente sobre toda a lecionação do tópico som. Os instrumentos de recolha de dados que foram mais utilizados para a análise foram as entrevistas em grupo focado. Dessa análise, estabeleceram-se para esta categoria as subcategorias: relevância e, gosto e interesse.

## Relevância

A história e o seu contexto, as peripécias do Sr. Somsível, um funcionário de uma escola, foram utilizados como elemento de continuidade entre as tarefas, estabelecendo um elo de ligação entre elas, o que permitiu também interligar conceitos e sobretudo motivar os alunos, que tiveram a curiosidade de saber como a história iria continuar. Esse contexto, próximo da realidade dos alunos, permitiu-lhes aplicar os conceitos ao seu dia-a-dia, facto que foi reconhecido e valorizado na entrevista em grupo focado. Quando questionados sobre o uso da história, os alunos disseram:

A15: Acho que ajudou.

A16: Para além da motivação, ajudou a aprendermos as coisas!

A14: Sim.

A15: Mesmo nos testes, lembrávamo-nos sempre do Sr. Somsível.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

A6: A história ajudou...

A8: E porque nós tínhamos e queríamos saber o que é que ia acontecer a seguir!

A9: E compreendemos certas coisas que acontecem na vida real...

A10: ... que se relacionam com o som e com o ruído.

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

Ainda confrontados com o facto de a história poder constituir um elemento adicional de dificuldade das tarefas, os alunos sentiram que não tinha acontecido:

A19: Não, não! Na história não houve dificuldades.

A20: Antes pelo contrário, ajudou!

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

Ficou patente que a história foi bem recebida em várias vertentes e verificou-se por estes excertos que os alunos consideraram a história um elemento motivador e facilitador que contribuiu para a sua aprendizagem. A ligação da história aos conceitos associados ao som e, por sua vez, a ligação destes à realidade dos alunos foi também particularmente vincada, como é evidenciado pelo seguinte excerto:

A15: Há coisas na história do Sr. Somsível que também nos acontecem a nós, que nos fazem perceber porque é que nós sentimos os diferentes sons e como...



A21: É uma atividade do dia-a-dia, diária, e nós acabamos por perceber melhor.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

Com estes testemunhos, os alunos avaliam positivamente o uso da história e o seu papel ao longo do conjunto das tarefas. Referem que ao haver situações na história com as quais se identificam e que pertencem à sua realidade, acabam por “perceber melhor”, evidência do reforço das aprendizagens, bem como da ligação que fazem dos conceitos ao seu dia-a-dia e à sua realidade.

A relevância que os alunos deram ao uso de uma história para a leção de outros temas foi ainda destacado, desde que:

A14: Depende também do tema, se dá ou não para fazer uma história.

A15: E se a história se ligar ao nosso dia-a-dia...

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

Desta forma, os alunos salientam e ressaltam as condições para que, na opinião deles, uma outra história pudesse ser utilizada no ensino das ciências. Se, por um lado, é mencionada a dependência do tema ou tópico a lecionar, como condicionante para a utilização de uma história no ensino das ciências, os alunos não têm grande conhecimento de quais estes são, pelo que a sua resposta não pode ser considerada fidedigna. Já o destaque que dão à importância da ligação da história com a sua realidade é um dado relevante, que traduz, no seu entender, uma condição necessária para a repetição da experiência de aprender ciências a partir de uma história.

A estratégia de resolução de problemas, embora tenha gerado algumas dificuldades aos alunos, foi avaliada positivamente. De facto, os alunos desenvolveram aprendizagens significativas em termos de conhecimento substantivo, mas também conhecimento processual e ao desenvolvimento do raciocínio e da comunicação. Respondendo a como o tipo de tarefas e, concretamente, a resolução de problemas tinha facilitado ou não a aprendizagem, todos foram unânimes em dizer que sim, que tinha facilitado. Alguns alunos aprofundaram a sua opinião:

A8: Facilitou.

A4: Facilitou, é mais fácil...

A2: É muito mais fácil, e muito mais divertido também.

A8: Porque não é só aprender as coisas no contexto da história.

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

A15: Eu também acho que facilitou, porque nós estamos mais habituados a fazer exercícios, e desta forma, estamos, digamos assim, mais descontraídos, não estamos sob tanta pressão, e estamos a desenvolver as respostas em grupo.

Professor: Mais, gostava de ouvir mais gente...

A14: Acho que facilitou, porque, acho, nós estamos mais acostumados a 'dar mais matéria', mas isto facilitou.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

Os alunos apontam a estratégia utilizada como facilitadora, contrapondo-a com a resolução de exercícios e o 'dar matéria' e destacando o trabalho colaborativo. Revelam ainda outras potencialidades que se prendem com o conhecimento processual e o raciocínio:

A17: Não era, tipo, aquela coisa de decorar, lembra-se? Tínhamos de decorar aquela coisa do  $H_2$ ... eu não decorei nada. [referindo-se à química] Assim era mais fácil!

A15: Sim, tínhamos de pesquisar no livro...

A20: ... e pensar e relacionar.

A12: E assim ajuda-nos a fixar melhor as coisas, sem ser só a decorar! Sem ser só expor a matéria...

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

Fica evidente nestes excertos que os alunos concluem que a estratégia utilizada foi relevante para a sua aprendizagem. Ainda mais, pois embora tenham sentido dificuldades, conseguiram superá-las no processo:

Professor: E sentiram desse modo mais dificuldades?

A15: Sim, às vezes ficávamos à toa, às vezes...

A14: Sim, eu fiquei!

A19: Eu também!

A13: Nenhuma das questões que nos eram colocadas, nenhuma delas tinha uma resposta direta!

Professor: Pois, faz parte do processo...

A12: Ao longo do processo sim, tivemos dificuldades mas depois acabámos por captar as coisas.

A15: Sim, sim, no fim acabávamos por perceber! Eu acho que é bom este tipo de questões, como as questões não eram diretas, fazem-nos pensar um pouco mais, e a pesquisar mais.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

A4: Sim, sentimos dificuldade em chegar às respostas.

A8: Eu acho que foi ficando mais fácil para o fim.

Professor: Porque é que achas que foi mais fácil para o fim?

A8: Porque nós já estávamos habituados ao tipo de questões! Nós fomos habituando a responder a perguntas mais indiretas.

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

Os alunos valorizam o processo pelo qual passaram durante da resolução dos problemas. As dificuldades que sentiram foram sendo superadas, tendo resultado em aprendizagens mais significativas. Para estas aprendizagens foram importantes os guiões das tarefas, o *feedback* do professor e as discussões coletivas realizadas no final de cada aula:

A4: Desta maneira é mais original e até mais organizado. Por exemplo, se nós temos dificuldade na velocidade de propagação do som, é só pegar na tarefa e perceber e depois, se for preciso, aprofundamos mais no manual. É muito mais fácil assim.

A8: Pois é!

A9: Ajuda-nos mais e fica tudo mais organizado!

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

Não é só evidenciada a importância da realização das tarefas, como o seu uso futuro como instrumento de estudo, complementado com o manual.

## **Gosto e interesse**

Ao longo da lecionação da temática som, utilizando a estratégia de resolução de problemas a partir de uma história, “o envolvimento nas atividades propostas foi ativo por parte da maior parte dos alunos, onde revelaram estar motivados e tido interesse nos conteúdos subjacentes às tarefas, bem como nos processos e ferramentas utilizadas” (notas de campo do professor). Estas impressões foram corroboradas na entrevista em grupo focado realizada aos alunos. Quanto ao tipo de tarefas, envolvendo a resolução de problemas a partir de uma história, os alunos foram da opinião que:

A12: Aprendemos de uma maneira agradável e engraçada!

A15: E relacionado com as coisas diárias.

A20: Foi mais divertido aprender.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

A4: Esta forma permitiu ligar-nos mais e ajudou-nos, até porque estava também ligado ao nosso projeto de Educação para a Cidadania, e com as

tarefas que o professor deu, foi mais fácil também, responder às questões desse projeto.

A8: E compreendemos certas coisas que acontecem na vida real...

A4: ... que se relacionam com o som e com o ruído.

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

Não só é evidenciado o gosto dos alunos na realização das tarefas como o interesse demonstrado na sua realização, nos conteúdos e nos conceitos aprendidos, sendo destacado também que a proximidade do contexto escolhido com a sua realidade e o seu dia-a-dia contribuiu para esse interesse.

A propósito do contexto, este é várias vezes referido como um dos elementos das tarefas que mais terá contribuído para os alunos terem gostado das tarefas e fomentado o seu interesse:

Professor: Como é que a história do Sr. Somsível contribuiu para o vosso interesse no estudo do som? Imaginem que não havia história...

A20: Eu acho que não iria correr tão bem.

A19: E não iria ser tão divertido.

A20: E não estaríamos tão focados.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

A9: Tornou as aulas mais divertidas e interessantes.

A3: Pois, mas era uma história, e assim era muito mais giro.

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

Os alunos mencionam que talvez não tivesse corrido tão bem sem a história, sinalizando a importância que esta teve no seu interesse. Referem também que a história permitiu que mantivessem o foco durante a realização das tarefas. Contudo, mesmo que não houvesse história, a estratégia de resolução de problemas revelou ser do seu agrado:

A21: Mas mesmo sem história, eu prefiro aprender com este tipo de questões.

A15: Sim, este tipo de aulas é bem diferente, e eu gosto mais.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

Desta forma, os alunos mostraram que a conciliação da resolução de problemas com uma história, ajudou a interessarem-se pelas tarefas, mas que a resolução de problemas em si mesma seria um estímulo suficiente para despertar o seu gosto e interesse. Sustentando esta opinião o testemunho destes alunos revela:

Professor: Muito bem! Só mais uma questão: Açam que este tipo de tarefas, por um lado não precisavam de ter uma história, mas mesmo com uma história, e também com o tipo de questões que vos foram colocadas, poderia ou deveria ser utilizada para lecionar outros temas? Ou preferiam outra estratégia?

A2: Desta maneira!

A8: Pois é!

Professor: Ou seja, preferiam aprender sempre através deste tipo de tarefas?

A4: Sim, seria mais divertido!

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

Neste excerto, os alunos afirmam que com ou sem história, gostariam de abordar outros tópicos através desta estratégia de resolução de problemas.

Questionados sobre qual das tarefas tinham gostado mais, houve unanimidade, sendo destacada a tarefa de role-play sobre o dispositivo *mosquito*, que de forma mais evidente permitiu relacionar os conceitos aprendidos com a realidade do dia-a-dia dos alunos:

Professor: E das tarefas todas, qual foi a que gostaram mais?

Todos: Da última!

Professor: a do *role play*? Toda a gente está de acordo com isso?

Todos: Sim.

(Entrevista em grupo focado, turno 2)

A10: A última!

A4: A do debate, mas a mais fácil de todas, para mim, foi a primeira, aquela em que meti aquilo dentro de água e a água saltou, foi muito giro e aquela da velocidade de propagação do som... essa foi mais fácil.

A2: Mas a do debate foi giro.

A4: Ya! A do debate foi a mais engraçada.

(Entrevista em grupo focado, turno 1)

Todos destacaram a última tarefa, o role-play, como aquela que mais gostaram, sendo ainda assim referidas outras tarefas que foram do seu agrado.

Ressalva-se ainda que, apesar do que foi dito por este aluno, associando gosto e interesse à facilidade, “em todas as tarefas os desafios colocados aos alunos despertaram, em cada situação, a curiosidade e a vontade de superá-los, trabalhando colaborativamente e recorrendo ao professor sempre que necessitaram” (notas de campo do professor).



# Capítulo 6

## Discussão, Conclusão e Reflexão final

A finalidade deste trabalho foi a de conhecer como é que a resolução de problemas, a partir de uma história envolvendo a temática som, pode influenciar as aprendizagens de alunos do 8.º ano de escolaridade. Dentro desta problemática, as três questões orientadoras visaram, mais especificamente, identificar de que forma esta estratégia facilita a aprendizagem de conceitos científicos, que dificuldades sentem os alunos no seu uso e no tópico som, propriamente dito, e que avaliação fazem os alunos de todo o processo de ensino e aprendizagem, recorrendo à resolução de problemas a partir de uma história.

Em busca de atingir os objetivos citados, foi utilizada uma metodologia de investigação qualitativa, em que a recolha de dados foi feita a partir de vários instrumentos, concretamente os registos escritos resultantes das respostas dos alunos às tarefas, os registos vídeo das aulas, as notas de campo do professor e as entrevistas em grupo focado. Da análise dos dados emergiram as categorias e subcategorias de análise, relativamente a cada uma das questões orientadoras e que ajudaram a dar-lhes resposta. Procede-se neste capítulo à discussão dos resultados obtidos, seguidos da conclusão e finalmente de uma reflexão final.

### Discussão

Durante a realização das tarefas, os alunos participantes neste trabalho enfrentaram problemas, na medida em que se depararam com situações em que uma ou mais soluções apropriadas precisavam ainda de ser encontradas, constituindo-se como desafios de resposta não imediata e complexa (NCTM, 1991). Na procura de soluções para os problemas, os alunos construíram a sua aprendizagem, aprendendo conceitos científicos e desenvolvendo competências que incrementaram a sua literacia científica.

Os resultados obtidos e apresentados no capítulo 5 mostram, no que toca à primeira questão orientadora deste trabalho, que os alunos efetivamente aprenderam conceitos científicos relacionados com a temática som e que, a resolução de problemas recorrendo a uma história, utilizada no processo de ensino e aprendizagem, facilitou essa aprendizagem. Ocorreu, simultaneamente, pelo seu uso, o desenvolvimento de competências por parte dos alunos, para além do conhecimento substantivo, nomeadamente ao nível do conhecimento processual, raciocínio, interpretação, tomada de decisão e comunicação (Leite & Afonso, 2005; Leite & Esteves, 2005), apoiadas nas estratégias usadas com esse intuito, como preconizado pelas OCCFN (orientações curriculares) (Galvão et al., 2001). Verificou-se assim que a discussão em grupo, a discussão em turma, o *feedback* do professor e as próprias características das tarefas, foram fundamentais para a aprendizagem, assim como a pesquisa, organização e interpretação da informação disponível. A resolução de problemas recorrendo a uma história revelou ser um método de ensino e aprendizagem efetivo, centrado no aluno e não no professor, onde se promoveram experiências educativas variadas e flexíveis, permitindo um desenvolvimento mais completo do aluno (Dogru, 2008). No entanto, para além da importância da forma como os alunos perceberam a funcionalidade das tarefas, estando centradas neles, foi também importante a forma como o professor as apresentou e guiou (Costa & Moreira, 1997), doseando a sua participação e incentivando a sua progressiva autonomia, perseverança e persistência (Mayer, 1992).

Foi também evidente, que, paralelamente à aprendizagem de conceitos científicos, os alunos revelaram e aprofundaram capacidades cognitivas, como são o pensar, o prever, o pensamento lógico e o pensamento crítico, tendo, na busca de soluções para os problemas, de ter tomado decisões, de inferir, deduzir, distinguir, comparar e classificar, entre outros (Costa & Moreira, 1997; Galvão et al., 2001; Novais & Cruz, 1989).

Nas suas respostas, os alunos evidenciaram muitas vezes o seu raciocínio e aprendizagens através de representações externas, como palavras e frases, diagramas, equações, gráficos e desenhos, que simbolizaram e traduziram objetos e/ou processos resultantes das suas representações internas, o que é consistente com o que referem Solaz-Portolés e López (2008). Outro aspeto importante do progresso dos alunos no processo de aprendizagem, com o desenrolar das tarefas, ao longo do tempo, foi a formulação de questões de nível cognitivo crescente, resultantes da sua também



crescente capacidade de análise e seleção de informação na procura de resolução dos seus conflitos cognitivos, da melhoria na sua reflexão, argumentação e colaboração com os colegas, fatores que são mencionados por Chin e Chia (2004) e por Schein e Coelho (2006) como resultado da aplicação de contextos problemáticos em sala de aula.

Quanto à história, não proporcionou apenas um contexto motivador, mas também a sua compreensão e ligação à realidade dos alunos ajudou a construir sentidos e significados e promoveu o desenvolvimento de competências de leitura e escrita, como é defendido por Wellington e Osborne (2001).

Relativamente à segunda questão orientadora, as dificuldades que os alunos sentiram foram evidentes e denotadas nos resultados, sempre presentes quanto aos conceitos científicos sobre o som, mas diminuindo com o decorrer das tarefas, quanto à resolução de problemas e estratégias associadas, pela mudança de atitude. Este facto não foi só sentido pelo professor, como também foi testemunhado pelos alunos ao longo da entrevista em grupo focado. Estes resultados estão em sintonia com a conclusão de um estudo de Dogru (2008) e uma constatação de Solaz-Portolés e Lopéz (2008), que assim sugerem, pelos seus benefícios, que a aplicação de resolução de problemas seja uma prática letiva continuada.

Em termos de conceitos científicos, as conceções e dificuldades reveladas pelos alunos vão ao encontro do que a literatura refere, neste campo. Pelo facto de o som não ser materializável e os alunos o considerarem (Hrepic et al., 2010), verificou-se que a produção do som (vibração inicial) e a propagação do som (dessa vibração) da fonte até ao recetor através de um meio material constituiu uma dificuldade, como refere Driver et al. (1994). Da mesma forma, a determinação do valor da velocidade do som no ar, o seu significado e de que grandezas depende, mostraram ser dificuldades. Numa primeira fase, antes da realização da atividade, da pesquisa e da discussão, a constatação de que o som se propaga em meios materiais diversos, e não só no ar, e que a velocidade de propagação varia consoante o estado físico dos meios materiais (Driver et al., 1994; Hrepic et al., 2010; Leite & Afonso, 1999; Linder & Erickson, 1989), também o foram. Os atributos do som altura e intensidade foram também confundidos, e constaram-se dificuldades na representação sinusoidal das ondas de pressão, fazendo depender a sua forma dos atributos do som, o que também é referido por Driver et al. (1994).

Quanto às dificuldades sentidas na resolução de problemas, refira-se que para se estar diante de um problema, há que enfrentar dificuldades no processo de atingir-se o propósito que é a procura da solução (Dogru, 2008). Efetivamente, os alunos sentiram-nas, tendo-as aceite progressivamente como parte do processo de aprendizagem. Na verdade, sendo a resolução de problemas um processo de pensamento, requer uma atividade mental, de análise, síntese, generalização, abstração e comparação, como afirma Borralho (1995) e requer uma série de procedimentos e ações como são o estar atentos a eles, recordar e relacionar certos elementos, tudo isto numa determinada ordem (Costa & Moreira, 1997). Os alunos necessitaram de estar envolvidos continuamente no processo de resolução de problemas, para os enfrentar com incrementado à vontade e minimizarem e superarem as dificuldades sentidas, melhorando a compreensão das tarefas, a elaboração de uma plano de atuação perante o desafio, a execução desse plano e, finalmente, a análise que lhes permitiu determinar se alcançaram o objetivo, o que é referido por Polya (2003). Mesmo tendo desenvolvido diversas competências, o estabelecimento de conclusões foi uma dificuldade presente em todas as tarefas. Outra dificuldade transversal às tarefas foi a utilização e correção de linguagem científica. No entanto, foi desenvolvido a leitura e compreensão de textos, assim como a escrita, na procura de conexões entre a linguagem comum e a das ciências, procurando novos sentidos e significados, como é sugerido por Pearson, Moje e Greenleaf (2010) e por Wellington e Osborne (2001).

Com a terceira questão orientadora procurou-se conhecer a avaliação que os alunos fizeram, quer relativamente ao método de ensino e estratégias utilizadas, quer à ligação dos conceitos aprendidos com a sua realidade. As respostas obtidas nas entrevistas em grupo focado revelam que o uso da história foi considerado como muito positivo, não só pelo contexto motivador, mas também como elemento das tarefas que ajudou na aprendizagem de conceitos. Este facto é referido sobretudo pela ligação com a sua realidade e compreensão de aspetos relacionados com o dia-a-dia, e por despoletar fatores de desafio, cuja solução não era providenciada pela própria história. Esta avaliação vai ao encontro do que Konieck-Moran (2009) consideram ser as características de uma história, para ser usada no ensino das ciências e particularmente em atividades de cariz investigativo ou resolução de problemas.

Quanto à estratégia de resolução de problemas, embora os alunos tenham sido unânimes em considerar que gerou dificuldades, foi avaliada positivamente e

considerada facilitadora, pois permitiu-lhes desenvolver aprendizagens significativas ao nível do conhecimento substantivo e processual, do raciocínio e da comunicação. Foi também valorizado o trabalho colaborativo que as tarefas proporcionaram. O que os alunos afirmam quanto às suas aprendizagens, através da resolução de problemas introduzidos antes da lecionação dos conceitos científicos, é coerente com Gallagher et al. (1995), que consideram que esta abordagem pode ajudar os alunos a compreenderem por que motivo estão a aprender o que estão a aprender, emergindo a aprendizagem da sua participação. Os alunos consideraram que, mesmo sem ter uma história associada, a estratégia de resolução de problemas despertou o seu interesse e que gostavam de aprender outros temas com esta estratégia. Reconhecem, como referido por Lambros (2004), encontrar satisfação pelo esforço despendido na procura de soluções, ao mesmo tempo que aprendem a refletir e a agir perante situações problemáticas, aplicando conhecimentos que vão sendo desenvolvidos e fortalecidos.

## **Conclusão**

A aprendizagem é um processo contínuo. Os alunos aprendem de variadíssimas formas, mas cabe ao professor orientá-los nesse processo, proporcionando o desenvolvimento de competências que não se restringem ao conhecimento substantivo, mas que contemplem a sua preparação e crescimento para a cidadania ativa, atenta e participante. Assim, dotar transversalmente os alunos de outras competências afetas à literacia científica, como o raciocínio, o conhecimento processual, epistemológico, a comunicação e as atitudes (Galvão, et al., 2001) é essencial para a sua formação global, o que pode ser conseguido por proporcionar aos alunos experiências educativas diferenciadas, com a exigência do envolvimento do aluno no processo de ensino e aprendizagem (Dogru, 2008; Galvão et al., 2001).

A proposta didática deste trabalho, centrada na resolução de problemas recorrendo a uma história, pretendeu ir ao encontro destes objetivos. A sua aplicação resultou na aprendizagem dos alunos, quer em termos de conceitos científicos, quer no domínio de outras competências. Ao mesmo tempo, pelo tipo de atividades desenvolvidas nas tarefas, proporcionou-se o incremento da literacia científica dos alunos. Os alunos identificaram problemas, formularam hipóteses, estabeleceram

planos, envolveram-se em atividades *hands-on*, fizeram pesquisa, construíram representações e comunicaram resultados. Outro aspeto a salientar como resultado da intervenção letiva realizada, foi a constatação de que os alunos reconheceram as valias do método utilizado e dos seus processos e etapas, apesar das dificuldades sentidas (que foram aos poucos sendo minimizadas com a continuação da realização das tarefas). Interiorizam o que aprenderam e o porquê de o terem aprendido, tendo-se apelado ao uso e estímulo das suas capacidades cognitivas. A história foi um elemento das tarefas que os alunos consideraram ser benéfico para as suas aprendizagens, por transmitir experiências da sua realidade e, não tendo constituído uma barreira linguística, ajudou a construir as representações que levaram à compreensão e ao processo de resolução dos problemas.

As estratégias usadas revelaram ser úteis para o trabalho dos alunos, na procura da solução dos problemas e construção da sua aprendizagem. Verificou-se que, nas últimas tarefas, e relativamente às primeiras, os alunos passaram a utilizar um questionamento de maior nível cognitivo. O trabalho colaborativo, as discussões e inter-relação de conceitos, levou à compreensão dos problemas, mais que a memorização e mecanização de processos. Assim, mesmo estando a proposta didática restrita à aplicação de cinco tarefas, verificou-se que o desenvolvimento continuado de resolução de problemas permitiu desenvolver de forma crescente as competências cognitivas dos alunos e levaram à aprendizagem concetual, que se espera perdure no tempo e sirva de base a aprendizagens futuras. Sugere-se a continuação da sua aplicação.

De todas as tarefas, o *role-play* ou jogo de papéis foi a tarefa que os alunos mais gostaram. Discutiu-se uma questão socio-controversa relacionada com o som, e os alunos puderam por em prática conceitos científicos adquiridos e tomar posição e decisões relativamente a um tema que lhes diz respeito, transportando-se para um assunto da vida real e, assim, exercer um papel ativo de cidadania, pondo em prática as competências desenvolvidas na sua aprendizagem.

## **Reflexão Final**

Uma etapa termina, outras começam. Ao terminar este mestrado, sinto que sou um profissional da educação muito diferente do que era quando o comecei. Não só as aprendizagens postas em prática e evidenciadas neste relatório, resultantes da preparação da intervenção letiva e da sua execução, como todas as que advieram das unidades curriculares realizadas, trouxeram uma nova perspetiva de como encaro o ensino e quero exercer futuramente o papel de professor.

Ao longo de todo este processo, a par das aprendizagens, como aluno que sou, senti também dificuldades. Ambas contribuíram para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. A elaboração das tarefas de carácter mais aberto, que constituíram a resolução de problemas, foram um desafio nem sempre fácil de alcançar, mesmo tendo presente, em teoria, de como deveriam ser elaboradas, não conseguindo sempre afastar-me de as tornar dirigidas, menos centradas no aluno. Uma das grandes aprendizagens que sinto ter realizado foi a de ter conhecido a multiplicidade de tipos ou natureza de tarefas que podem ser aplicadas com os alunos, dependendo dos objetivos que com eles se quer alcançar. Em termos de gestão de sala de aula, a gestão do tempo e dos diferentes momentos de aula começaram também por me criar dificuldades, pela necessidade de decisão em cortar o trabalho dos alunos para avançar para outros momentos da aula, ou dar-lhes mais tempo para desenvolverem as atividades propostas de forma autónoma. De igual forma, pelo trabalho ser realizado maioritariamente em grupo, comecei por não ter sempre presente o desempenho de cada aluno, individualmente. Uma das maiores dificuldades que senti foi a promoção das discussões coletivas, na procura de centrá-las mais nos alunos do que em mim, e dar lugar à comunicação do seu trabalho e das estratégias que utilizaram, sendo menos diretivo. No entanto, ao longo do tempo, estas dificuldades foram sendo ultrapassadas.

Todos os aspetos teóricos foram sendo absorvidos e usados na prática, desde a construção das tarefas, à sua planificação, à construção dos elementos de avaliação e culminando na lecionação. De uma forma mais ampla, fiquei mais ciente do tipo e diversidade de tarefas a propor aos alunos, de acordo com as turmas a quem vou lecionar, fazendo uma análise do que pretendo alcançar, as competências que pretendo que os alunos desenvolvam, e aplicar diferentes estratégias consoante as suas características e as situações de aprendizagem. É também importante dispor de vários

elementos de avaliação e ter a percepção do desenvolvimento nessa aprendizagem, bem como da utilização de processos que ultrapassem o conhecimento substantivo. Paralelamente, na elaboração das tarefas, a aferição e análise das possíveis dificuldades que os alunos podem enfrentar nos temas abordados e as suas concepções, constituem uma ferramenta valiosa, na medida em que posso tentar superá-las, ou escolher ou modificar a tarefa consoante o que penso ou constate serem essas dificuldades e concepções. Esta reflexão sobre as dificuldades pode, de alguma forma, estruturar a forma como posso conduzir as aulas, estando mais atento e podendo-as antecipar, não ficando demasiadamente sujeito a imprevistos ou desvios na implementação, relativamente à sua planificação.

O conhecimento da turma, dos seus alunos e da sua realidade é também um aspeto fundamental, de forma que a escolha das tarefas tenha, para além de uma perspetiva educacional bem definida, um contexto que seja próximo da vivência dos alunos, para estimular o seu interesse e sempre que possível extrapolar as suas aprendizagens para a sua realidade ou promover a interdisciplinaridade.

Assim, o meu desenvolvimento profissional passará, cada vez mais, por pôr o foco no aluno, devendo fazer uma análise aturada sobre os processos do seu desenvolvimento cognitivo e as melhores formas de impulsionar as suas aprendizagens. Constatando que o tipo de ensino, por aplicação de tarefas de natureza mais aberta e desafio mais elevado, implica uma preparação exaustiva que pode ser extenuante em termos de trabalho ao longo do tempo, mas cujos resultados estimulam a sua execução mais regular. As necessidades formativas e cognitivas dos alunos transcendem em muito o conhecimento substantivo, e vejo como missão, estimulá-los à aquisição de outras e novas competências, no domínio do raciocínio, dos processos, das atitudes e da comunicação. A consciência da natureza da ciência e das suas dimensões, a atenção a uma perspetiva CTSA, a noção da proximidade nem sempre evidente da ciência ao cidadão comum e a certeza da importância que o pensamento científico pode representar nas vivências do dia-a-dia, fazem de mim, como professor, importante na educação dos meus alunos, na medida que sou transmissor destes valores, devendo procurar enriquecer-me continuamente no conhecimento científico.

Realço também, que em todo o processo de formação que constituiu este mestrado, e sobretudo nas unidades curriculares de Introdução à Prática Profissional, a componente colaborativa e de tomada de decisão no que toca a escolhas diversas e sua

implementação após aturada discussão em grupo, contribuiu em grande escala para a minha formação como professor, promovendo instrumentos novos a utilizar na leção e a consciência de determinados aspetos específicos a ter em conta, permitindo, como consequência, dinamizar a sala de aula de uma forma antagónica à tradicional, possibilitando a maior envolvimento e motivação dos alunos, bem como referenciais do seu trabalho e raciocínio e as formas de pensamento e estratégias de resolução perante novos desafios.

Finalmente, o trabalho de cariz investigativo que realizei, fazendo uma recolha sistemática de dados que foram analisados com vista a dar resposta a questões orientadoras a partir de uma problemática, constituiu uma investigação sobre a minha própria prática profissional que me ajudou a compreender melhor e de uma forma fundamentada aspetos da prática letiva. Considero que a formação de um professor não cessa com a sua formação inicial. No dia-a-dia é difícil avaliar se evoluímos ou estagnamos na nossa prática, e se estamos a chegar aos nossos alunos da forma mais apropriada, desenvolvendo neles as competências essenciais para o seu desenvolvimento cognitivo, comportamental e emocional, preparando-os para uma cidadania ativa e responsável. Assim, poderei recorrer à metodologia de investigação usada neste trabalho, sempre que ache que, em vez de parar, necessito de rever, analisar e melhorar a forma como desenvolvo a minha prática profissional. É um caminho de futuro, que começa hoje.





# Referências Bibliográficas

- Abrantes, P. (2000). Princípios sobre Currículo e Avaliação. Em *Proposta de reorganização do currículo do ensino básico (documento de trabalho)*. Lisboa: ME- Departamento do Ensino Básico.
- Afonso, N. (2005). *Investigação naturalista em educação. Um guia prático e crítico*. Lisboa: Edições ASA.
- Almeida, A., & Strecht-Ribeiro, O. (2001). Ecologia, Ecologismos e Literatura. *Revista de Educação, X* (2), 75-84.
- Alonso, M., & Finn, E. (1972). *Física* (Vols. Volume II - Campos e Ondas). São Paulo , Brasil: Edgard Blucher Ltda.
- Appleton, K. (1995). Problem Solving in Science Lessons: How Students Explore the Problem Space. *Research in Science Education, 25* (4), 383-393.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora (trabalho original em inglês publicado em 1991).
- Borralho, A. (1995). Resolução de problemas: Uma perspectiva para abordar o ensino/aprendizagem da Matemática. Em A. Borralho, & M. Borrões (eds), *Ensino/Aprendizagem de Matemática: Algumas perspectivas metodológicas*, 9-65. Évora: Universidade de Évora.
- Bruhat, G., & Foch, A. (1964). *Curso de Física Geral - Mecânica II*. São Paulo , Brasil: Difusão Europeia do Livro.
- Burton, D., & Bartlett, S. (2005). *Practitioner Research for Teachers*. London: Paul Chapman.
- Cessac, J., & Tréherne, G. (1966). *Physique - Classe Terminale C*. Paris, França: Fernand Nathan.
- Chin, C., & Chia, L. (2004). Problem-based Learning: Using Students' Questions to Drive Knowledge Construction. *Science Education, 88*, 707-727.
- Costa, S. S., & Moreira, M. A. (1996). Resolução de Problemas I: Diferenças entre Novatos e Especialistas. *Investigações em Ensino das Ciências - VI* (2), 176-192.
- Costa, S. S., & Moreira, M. A. (1997). Resolução de Problemas IV: Estratégias para Resolução de Problemas. *Investigações em Ensino de Ciências - V2* (3), 153-184.
- Dessart, A., Jodogne, J.-C., & Jodogne, J. (1972). *Phénomènes Périodiques* (2ª edição ed.). Bruxelas, Bélgica: Éditions A. De Boeck.

- Dogru, M. (2008). The Application of Problem Solving Method on Science Teacher Trainees on the Solution of the Environmental Problems. *Journal of Environmental & Science Education* 3 (1), 9-18.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*. London: Routledge.
- Duch, B. J. (1996). Problem Based Learning in Physics: The Power of Students Teaching Students: Discovering The Interplay between Science and Today's World. *Journal of College Science Teaching* March/April, 25 (5), 326-329.
- Evagorou, M., & Osborne, J. (2000). The Role of Language in the Learning and teaching os Science. Em *Teaching and learning secondary science: Contemporary issues and practical approaches*, 135-157. London and New York: Routledge.
- Fiolhais, C., Ferreira, A. J., Constantino, B., Portela, C., Braguez, F., Ventura, G., . . . Rodrigues, S. (2013). *Metas Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: MEC - Ministério da Educação e Ciência.
- Fontes, A., & Silva, I. R. (2004). Movimento Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) e a educação em ciência. Em *Uma Nova Forma de Aprender Ciências. A Educação em Ciência/ Tecnologia/ Sociedade (CTS)*, 25-55. Lisboa: Edições ASA.
- Fujii, T. (2013). The Critical Role of Task Design in Lesson Study. Em *ICMI Study 22: Task Design in Mathematics Education*.
- Gallagher, S. A., Stepien, W. J., Sher, B. T., & Workman, D. (1995). Implementing Problem-based Learning in Science Classroom. *School Science and Mathematics*, 136-146.
- Galvão, C., Neves, A., Freire, A. M., Lopes, A. M., Santos, M. C., Vilela, M. C., . . . Pereira, M. (2001). *Ciências Físicas e Naturais: Orientações Curriculares - 3º Ciclo*. Lisboa: ME - DEB (Ministério da Educação - Departamento de Educação Básica).
- Galvão, C., Reis, P., Freire, A., & Oliveira, T. (2006). *Avaliação de competências em ciências - Sugestões para professores do ensino básico e secundário (Prática)*. Lisboa: ASA Editores.
- Garret, R. M. (1987). Issues in Science Education: problem-solving, creativity and originality. *International Journal of Science Education*, 9: 2, 125-137.
- Gaspar, M. I., & Roldão, M. d. (2007). *Elementos do Desenvolvimento Curricular*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Green, D. W. (1988). Problem-solving. Em G. C. (Ed.), *Growth points in cognition*, 132-152. London: Routledge.
- Hrepic, Z., Zollman, D. A., & Rebello, N. S. (2010). Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6 (2), 020114, 1-18.

- Klassen, S. (2009). The Construction and Analysis of a Science Story: A Proposed Methodology. *Science & Education*, 18 (3), 401-423.
- Konietz-Moran, R. (2009). *More everyday science mysteries: stories for inquiry-based science teaching*. NSTA Press.
- Krueger, R., & Casey, M. (2009). *Focus groups: A practical guide for applied research*. Los Angeles: Sage.
- Kukaswadia, A. (s.d.). *Sci-Ed*. Obtido em 17 de 01 de 2016, de Plos blogs: <http://blogs.plos.org/scied/2013/06/24/science-and-storytelling-the-use-of-stories-in-science-education/>
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (1990). *Fundamentos de Metodologia Científica*. São Paulo: Editora Atlas SA.
- Lambros, A. (2004). *Problem-Based Learning in Middle and High School Classrooms*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Leite, L., & Afonso, A. S. (1999). Natureza e propagação do som : concepções de alunos dos ensinos básico, secundário e superior. Em S. Garcia Barros, & C. Martínez Losada (Ed.), *La didáctica de las ciencias : tendencias actuales : actas de los Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 18, 345-358. A Coruña - Espanha: A Coruña : Universidade.
- Leite, L., & Afonso, A. S. (2005). Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas. Características, organização e supervisão. *Boletín das Ciencias*, 48, 253-260.
- Leite, L., & Esteves, E. (2005). Análise crítica de atividades laboratoriais: Um estudo envolvendo estudantes de graduação. *Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 1-19.
- Linder, C. J., & Erickson, G. L. (1989). A study of tertiary physics students' conceptualizations of sound. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 491-501.
- Lüdke, M., & André, M. (1986). *Pesquisa em educação: Abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.
- Mayer, R. (1992). *Thinking, Problem Solving, Cognition* (2nd ed.). New York: Freeman.
- ME/DEB. (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico - Competências Essenciais*. Lisboa: ME/DEB.
- Melo, O. M. (2007). *Estudo do papel das tarefas na aprendizagem de Ciências Físicas no Ensino Básico*. Vila Real - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro: Documento não publicado.
- Ments, M. (2009). *The Effective Use of Role Play: practical techniques for improving learning*. (K. Page, Ed.) Obtido em 07 de 06 de 2015, de [https://books.google.pt/books?id=GbXOYf8a\\_TIC&pg=PA43&source=gbs\\_toc\\_r&hl=en#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?id=GbXOYf8a_TIC&pg=PA43&source=gbs_toc_r&hl=en#v=onepage&q&f=false)

- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. London: Sage Publications.
- Morgado, S., & Leite, L. (2001). Os problemas no ensino e na aprendizagem das ciências : perspectivas dos documentos oficiais. *Libro de Actas do XI Congreso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia*, 1138-1663. A Coruña: Universidade da Coruña.
- NCTM. (1991). *Normas para o Currículo e a Avaliação em Matemática Escolar* (Tradução portuguesa do original em inglês de 1989 ed.). Lisboa: APM & IIE.
- Novais, A., & Cruz, N. (1989). O Ensino das Ciências, o Desenvolvimento das Capacidades Metacognitivas e a Resolução de Problemas. *Revista de Educação* 1 (3), 65-75.
- OCDE. (2013). PISA 2012 - Problem-Solving Framework. Em OECD, *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy* 119-168. OECD Publishing.
- Oliveira, R. C., Pierson, A. H., & Zuin, V. G. (2009). *O uso do role playing game como estratégia de avaliação da aprendizagem no ensino de química*. (E. N. Ciências, Ed.) Obtido em 07 de 06 de 2015, de <http://www.academia.edu/1381645/>
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods*. London: Sage Publications.
- Pearson, P. D., Moje, E., & Greenleaf, C. (23 de abril de 2010). Literacy and Science: Each in the Service of the Other. *Science*, 328, 459-463.
- Pinto, J., & Santos, L. (2006). *Modelos de Avaliação das Aprendizagens*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Polya, G. (2003). *Como resolver problemas (Tradução do original inglês de 1945)*. Lisboa: Gradiva.
- Ponte, J. P. (2005). Gestão curricular em matemática. Em GTI(Ed.), *O professor e o desenvolvimento curricular*, 11-34. Lisboa: APM.
- Ponte, J. P., Quaresma, M., & Branco, N. (2011). Tarefas de exploração e investigação na aula de Matemática. Em *Educação Matemática em Foco*, 1(1), 9-29.
- Pozo, J. I. (1998). *A Solução de Problemas: Aprender a Resolver, Resolver para Aprender*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Reis, P. (2004). *Controvérsias sócio-científicas: Discutir ou não discutir? Percursos de Aprendizagem na disciplina de Ciências da Terra e da Vida*. Tese de doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Educação, Lisboa.
- Reis, P. (No.3 de 2006). Ciência e Educação: que relação? *Interações*, 160-187.
- Resnick, R., & Halliday, D. (1983). *Física 2* (3ª ed.). Rio de Janeiro, Brasil: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

- Roback, P., Chance, B., Legler, J., & Moore, T. (2006). Applying Japanese Lesson Study Principles to an Upper-level Undergraduate Statistic Course. *Journal of Statistic Education*, 2 number2. Obtido de [www.amstat.org/publications/jse/v14n2/roback.html](http://www.amstat.org/publications/jse/v14n2/roback.html)
- Roldão, M. C. (2009). *Estratégias de Ensino*. V. N. Gaia: Fundação Manuel Leão.
- Salema, M. H., & Afonso, S. (2001). Aprender Ciências Através da Compreensão de Textos. *Revista de Educação*, X (2), 85-97.
- Santos, L. (2011). Que critérios de qualidade para a avaliação formativa? Em D. Fernandes (org), *Avaliação em educação: Dez olhares sobre uma prática social incontornável*, 155-165. Curitiba: Editora Melo.
- Schein, Z., & Coelho, S. (2006). O Papel do Questionamento: Intervenções do Professor e do Aluno na Construção do Conhecimento. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23 (1), 68-92.
- Sears, F. W., & Zemansky, M. W. (1973). *Física General*. Madrid, Espanha: Aguilar.
- Seidman, I. (2006). *Interviewing as qualitative research: A guide for researchers in education and social sciences*. New York: Teachers College Press.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* (9th ed.). Boston, USA: Brooks/Cole.
- Silverman, D., & Marvasti, A. (2008). *Doing Qualitative Research*. London: Sage Publications.
- Solaz-Portolés, J. J., & Lopez, V. S. (2007). Representations in Problem Solving in Science: Directions for practice. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Volume 8, Issue2, Article 4.
- Solaz-Portolés, J. J., & Lopéz, V. S. (2008). Types of knowledge and their relations to problem solving in science: directions for practice. *Sísifo. Educational Sciences Journal*, 06, 105-112.
- Solomon, J. (1980). Science and society studies in school curriculum. *School Science Review*, 62, 213-219.
- Tipler, P. A. (1979). *Física*. Barcelona, Espanha: Editorial Reverté, S.A.
- Vasconcelos, C., Lopes, B., Costa, N., Marques, L., & Carrasquinho, S. (2007). Estado da arte na resolução de problemas em Educação em Ciência. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, N°2, 235-245.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. Buckingham Philadelphia: Open University Press.



# Apêndices





# **Apêndice A**

## **Planificação das aulas**



## Plano de Desenvolvimento das Aulas da Tarefa 1 – Produção, Propagação e Recepção do som (2 aulas de 45 min.)

**Objetivos de aprendizagem:** - Conhecer como o som é produzido, que este se propaga através de um meio material e que necessita de um recetor para ser percebido.

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Respostas do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos e Material
<b>AULA 1</b>  I. Introdução da Unidade de Ensino.	10 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos ouvem atentamente a explicação do professor sobre como vão decorrer as aulas durante a leção da temática: som, do que é esperado do seu trabalho e como serão avaliados.</li> <li>- Os alunos ouvem atentamente o enquadramento da Unidade de Ensino e a sua relação com o seu dia-a-dia.</li> </ul> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos podem colocar dúvidas sobre o modo como vão trabalhar e ser avaliados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicar como vão decorrer as aulas (tipo de tarefas que os alunos vão realizar) e o fio-conductor das mesmas que funciona também como elemento motivacional, a história: ‘As peripécias do Sr. Somsível’.</li> <li>- Informar os alunos que serão avaliados ao longo do processo de ensino/aprendizagem através de uma avaliação formativa, a partir de grelhas de avaliação realizadas para cada tarefa, pelos conhecimentos adquiridos e pelas competências desenvolvidas. Partilhar com eles a grelha de avaliação desenhada para a primeira tarefa, exemplificando alguns parâmetros que serão utilizados.</li> <li>- Informar os alunos que as tarefas vão ser realizadas em grupo, e sobre os momentos de aula que se vão seguir em cada uma delas.</li> <li>- Enquadrar a temática do som, como algo que ligado à física, está também presente nas nossas vidas e no nosso dia-a-dia, pelo que conhecer alguns aspetos sobre o som pode condicionar ou alterar alguns comportamentos que temos atualmente connosco e com os</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar compreensão sobre o modo como vão trabalhar e de como vão ser avaliados.</li> <li>- Mostrar compreensão sobre a relação da Unidade de Ensino a lecionar com o seu dia-a-dia.</li> </ul>	

			outros, no que toca à forma como o percebemos e compreendemos os seus benefícios e riscos.		
<b>Parte 1</b>  II. Introdução da Parte 1 da Tarefa (em coletivo)	5 min.	- Os alunos ouvem com atenção o prólogo da história e o capítulo 1 da mesma.  <b>Dificuldades</b> - Em compreender e/ou interpretar o texto.	- Ler em voz alta o prólogo da história e o capítulo 1.  - Questionar os alunos se há algum aspeto de interpretação na história que possam não compreender.	- Mostrar compreensão sobre o texto.	- Computador - Projetor - Enunciado da tarefa em papel - <i>Flipchart</i> com a tarefa a realizar
III. Resolução da questão 1.1. – Identifiquem palavras-chave ou expressões no texto que se relacionem com as questões do Sr. Somsível.	5 min.	- Os alunos releem o texto e procuram palavras ou expressões que possam relacionar-se com as questões problema, nomeadamente podem referir: ‘batendo as asas repetidamente’; ‘fazendo-as vibrar’; ‘levou as mãos aos ouvidos para ter silêncio’.  <b>Dificuldades</b> - Em relacionar palavras ou expressões do texto que estejam relacionadas com as questões problema.	- Incentivar os alunos a ler o texto e a identificarem palavras ou expressões que possam estar relacionadas com as questões problema, mobilizando todos os seus conhecimentos.	- Saber identificar e relacionar expressões do texto que possam estar associadas às questões problema.	- Enunciado da tarefa em papel
Trabalho autónomo  IV. Resolução da questão 1.2. –	5 min.	- Os alunos colocam hipóteses a partir das duas questões problema descritas no texto. As hipóteses possíveis podem ser as seguintes, podendo no	- Incentivar os alunos a pensar em hipóteses possíveis de serem testadas, de forma a dar resposta às questões problema.	- Saber colocar hipóteses válidas a partir de questões problema.	- Enunciado da tarefa em papel

Formulem uma hipótese para cada uma das questões do Sr. Somsível, que lhes possam dar resposta.		<p>entanto ter formulações diversas: 1) O zumbido, que é um som, é produzido a partir de uma vibração da fonte sonora (as asas da melga); 2) A vibração é transmitida ao meio (ar), que a propaga até ao ouvido, que vibrando, capta o som.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em formular hipóteses válidas que possam dar resposta às questões colocadas no texto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garantir que cada grupo chega a duas hipóteses coerentes, de forma a poderem seguir para o passo seguinte da tarefa, que será o da atividade que possa testar as hipóteses colocada.</li> </ul>		
V. Discussão coletiva	20 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos partilham com a turma as palavras-chave ou expressões que encontraram no texto e que se relacionam com as questões problema.</li> <li>- Os alunos partilham com a turma as hipóteses que formularam.</li> </ul> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em compreender que as vibrações têm de ser testadas a partir de fontes sonoras que não as asas da melga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistematizar a informação selecionada do texto pelos alunos e as hipóteses formuladas, discutindo a sua relação com o que se pretende dar resposta.</li> <li>- Incitar os alunos a perspetivar outras formas de testar a produção do som, conduzindo-os aos instrumentos musicais, reformulando a hipótese referente à produção do som, dado não se conseguir, na realidade do contexto de sala de aula, testar a vibração a partir do bater de asas de uma melga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar compreensão sobre os aspetos a testar para saber como se produz o som e como se propaga.</li> </ul>	

<p><b>AULA 2</b></p> <p><b>Parte 2</b></p> <p>VI. Introdução da Parte 2 da Tarefa (em coletivo)</p>	<p>5 min.</p>	<p>- Os alunos ouvem atentamente a explicação do professor sobre como vão trabalhar e o que é esperado do seu trabalho.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em explicar, num plano as ações realizadas para testar as hipóteses.</p>	<p>- Explicar aos alunos que os materiais que dispõem na bancada servem para fazerem investigações que permitam validar ou refutar as suas hipóteses. Cada grupo terá um instrumento diferente, entre diapasão, tambor e guitarra para investigar.</p> <p>- Explicar que devem descrever sucintamente num plano, os passos que seguirem durante a sua atividade.</p> <p>- Relembrar que deverão registar as suas observações e que estas ajudarão a validar ou refutar as suas hipóteses, permitindo dar resposta às questões problema.</p> <p>- Informar o tempo de que dispõem para realizar a atividade.</p>	<p>- Mostrar compreensão sobre o que vão fazer.</p>	
<p>Trabalho autónomo</p> <p>VII. Resolução das questões</p> <p>2.1. -Com o instrumento que cada grupo tem à disposição e o material acessório, delineiem um plano que vos permita testar as hipóteses formuladas.</p> <p>2.2. - Registem as</p>	<p>12 min.</p>	<p>- Os alunos definem e descrevem o plano que vão realizar.</p> <p>- Os alunos executam o plano e registam as observações que lhes permitirão validar ou refutar as suas hipóteses e dar resposta às questões problema.</p> <p>- Os alunos validam ou refutam as suas hipóteses e dão resposta às questões problema.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em relacionar a sua</p>	<p>- Incentivar os alunos a mobilizar competências de raciocínio, de forma a estruturarem um plano que permita testar as hipóteses formuladas.</p> <p>- Orientar os alunos, se necessário, na clarificação de como podem testar a hipótese, de forma a serem bem-sucedidos na sua atividade.</p> <p>- Ter em atenção o trabalho de cada grupo, garantindo que terminado o tempo previsto, todos têm a atividade concretizada e as questões resolvidas.</p>	<p>- Saber como testar uma hipótese, idealizando um plano.</p> <p>- Mostrar compreensão que o som resulta de uma vibração da fonte sonora.</p> <p>- Mostrar compreensão que a vibração se propaga ao meio material (ar) em todas as direções e que dessa forma chega até ao recetor.</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel</p> <p>- Diapasão, martelo percussor, tina com água, bola de esferovite suspensa por um fio</p> <p>- Tambor e pedaços de papel</p> <p>- Mini guitarra</p>

vossas observações. e 2.3. - As hipóteses foram validadas ou refutadas? Deem resposta às questões do Sr. Somsível.		<p>atividade com as hipóteses que estão a testar.</p> <p>- Em elencar as etapas do plano de forma correta, lógica e sequencial, de acordo com o que é o objetivo da atividade.</p> <p>- Em explicar e descrever o que observam, nomeadamente que o som se produz a partir de uma vibração e que esta se propaga ao meio material ar, chegando assim aos nossos ouvidos.</p>			
<p>Discussão coletiva</p> <p>VIII. Questão 2.4. - Comuniquem à turma as vossas observações e conclusões.</p>	20 min.	<p>- Os alunos de cada grupo comunicam à turma as suas observações e conclusões, de acordo como o instrumento com que trabalharam.</p> <p>- Os alunos reconhecem que para todos os instrumentos, e de forma geral, para todas as fontes sonoras o som produz-se por uma vibração que se propaga ao meio material e que chega a um recetor para ser percecionado.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em compreender que o som se produz a partir de uma vibração e que essa vibração se</p>	<p>- Escrever no quadro as principais conclusões que cada um dos grupos comunica relativamente a cada instrumento, dado cada um deles ter trabalhado com um instrumento (fonte sonora) diferente.</p> <p>- Referir diferentes tipos de vibração, consoante a fonte sonora.</p> <p>- Dar o exemplo do som das nossas vozes como exemplo de vibração das nossas cordas vocais quando nelas passa ar.</p> <p>- Demonstrar que soprar pelo gargalo de uma garrafa provoca um som e explicar que este é devido à vibração de uma coluna de ar.</p> <p>- Referir que o ouvido é um recetor que necessita de vibrar também para captar som.</p> <p>- Sistematizar após apresentação de todos os</p>	<p>- Mostrar compreensão que o som é produzido a partir de vibrações de uma fonte sonora e distinguir diferentes tipos de vibração.</p> <p>- Mostrar compreensão que as vibrações são transferidas da fonte sonora para um meio material que as propaga.</p> <p>- Mostrar compreensão que para o som ser percecionado, tem de haver um recetor que capta o som, vibrando</p>	<p>- Quadro branco</p> <p>- Canetas para quadro branco</p> <p>- Enunciado da tarefa em papel</p> <p>- Garrafa parcialmente cheia com água</p>

		transmite ao meio material que a propaga até ao recetor, que a percebe.	grupos, que para todos os instrumentos, e de forma geral, para todas as fontes sonoras, o som produz-se por uma vibração que se propaga ao meio material e que chega a um recetor para ser percebido.	também.	
<p>Para resolver em casa</p> <p>IX. Questão 3 - O Sr. Somsível comprava jornais diariamente, mas não gostava de jornais que só saíam uma vez por semana. Esses jornais têm uma frequência semanal.</p> <p>3.1. No contexto do som, encontrem uma definição para o que é a <i>frequência sonora</i>.</p>	-	- Os alunos relacionam a frequência sonora com o número de vibrações que a fonte sonora efetua por unidade de tempo.	- Solicitar aos alunos que respondam a questão referente ao 'ir mais além' como trabalho para casa.	- Saber o significado de frequência e aplicá-lo ao contexto do som (frequência da fonte sonora).	- Enunciado da tarefa em papel
<p>Trabalho autónomo</p> <p>X. 4. Reflete e avalia –</p> <p>4.1. Refere o que aprendeste nesta tarefa.</p> <p>4.2. Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa.</p> <p>4.3. Olhando para o teu desempenho e para</p>	8 min.	- Os alunos refletem sobre a tarefa e as suas aprendizagens e avaliam-nas.	- Incitar os alunos a responderem empenhadamente a estas questões.	- Mostrar espírito crítico quanto às atividades e aprendizagens realizadas.	- Enunciado da tarefa em papel



o do grupo, como o avalias? O que farias de forma diferente para melhorar? <b>Para resolver individualmente</b>					
---	--	--	--	--	--

## Plano de Desenvolvimento das Aulas da Tarefa 2 – Velocidade de propagação do som no ar e noutros meios materiais (2 aulas de 45 min)

**Objetivos de aprendizagem:**

- Concluir que o som se propaga no ar a uma velocidade constante de 340m/s.
- Indicar que a velocidade de propagação do som é em geral maior nos meios materiais sólidos do que nos líquidos e maior nos líquidos do que nos gases.

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Respostas do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos e Material
<b>AULA 1</b>  I. Introdução da Tarefa (em coletivo)	7 min.	- Os alunos ouvem com atenção o capítulo 2 da história. - Os alunos sublinham no texto as frases que se relacionam com as aprendizagens da Tarefa 1  <b>Dificuldades</b> - Em compreender e/ou interpretar o texto. - Em identificar as frases que remetem para a síntese dos conteúdos abordados durante a Tarefa 1.	- Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula. - Ler em voz alta o capítulo 2 da história. - Questionar os alunos se há algum aspeto de interpretação na história que possam não compreender. - Pedir aos alunos que respondam à questão 0., que tem como objetivo reforçar a síntese das aprendizagens relativas à Tarefa 1.	- Mostrar compreensão sobre o texto. - Mostrar compreensão sobre o que aprenderam durante a realização da Tarefa 1.	- Enunciado da tarefa em papel
<b>Parte 1</b> II. Leitura da continuação da história. Discussão coletiva	8 min.	- Os alunos ouvem o texto com atenção. - Os alunos procuram, a partir da discussão coletiva, chegar às grandezas das quais depende o cálculo de uma velocidade e como relacioná-las.	- Ler em voz alta a continuação do capítulo 2 da história. - Questionar os alunos se há algum aspeto de interpretação na história que possam não compreender. - Chamar a atenção para a correta leitura das	- Mostrar compreensão sobre o texto. - Mostrar compreensão sobre quais as grandezas que permitem calcular uma velocidade.	- Enunciado da tarefa em papel

		<b>Dificuldades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em compreender o texto.</li> <li>- Em ler corretamente as horas.</li> <li>- Em identificar as grandezas das quais depende o cálculo de velocidade, nomeadamente distância em linha reta e tempo.</li> </ul>	horas (horas, minutos e segundos). <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dado que os alunos não sabem ainda o conceito de velocidade e como o calcular, que será pedido nesta parte da tarefa, procurar relembrar o conceito o de velocidade de uma reação química, como uma taxa de variação temporal de uma grandeza, assim como remeter para exemplos de velocidade do seu dia-a-dia.</li> </ul>		
Trabalho autónomo  III. Resolução da questão 1.1. – Indiquem qual é a distância que separa o sino da igreja do local onde se encontra o Sr. Somsível quando está a chegar à escola.	3 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos medem de forma rigorosa, com uma régua, o comprimento do segmento de reta indicado no mapa e convertem-no, a partir da escala, na distância em linha reta que separa a igreja da escola. (comprimento do segmento = 5,1cm; <math>d = 5,1 \times 100 = 510</math> m)</li> </ul> <b>Dificuldades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em relacionar o que é pedido com o comprimento do segmento de reta no mapa</li> <li>- Em medir a distância do segmento de reta dado.</li> <li>- Em compreender a necessidade de fazer a medição com rigor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivar os alunos a medir com rigor o comprimento do segmento de reta e alertá-los para a necessidade de conversão do mesmo, com base na escala dada, de forma a obter a distância pretendida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Saber medir uma distância num mapa e convertê-la para uma distância real a partir de uma escala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enunciado da tarefa em papel</li> </ul>

<p>Trabalho autónomo</p> <p>IV. Resposta à questão 1.2. - Indiquem quanto tempo o som demorou a propagar-se desde que foi emitido pelo sino até chegar ao local onde o Sr. Somsível estava quando o ouviu.</p>	3 min.	<p>- Os alunos respondem que o som demorou 1,5 s a chegar ao local onde o Sr. Somsível estava quando o ouviu, ou seja, ao recetor.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em saber interpretar o gráfico de intensidade sonora em função do tempo.</p> <p>- Em identificar o tempo que corresponde ao som mais intenso.</p>	<p>- Incentivar os alunos a discutirem em grupo, se levantarem dúvidas sobre a interpretação do gráfico.</p>	<p>- Mostrar compreensão que o gráfico representa várias intensidades do som ao longo do tempo e que o valor mais intenso corresponde aos 1,5 s, traduzindo o tempo que o som demorou a chegar ao recetor.</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel</p>
<p>Trabalho autónomo</p> <p>V. Resposta à questão 1.3. - Discutam em grupo se conseguem determinar a velocidade de propagação do som no ar com os dados que dispõem. Em caso afirmativo, calculem-na e apresentem o vosso raciocínio.</p>	5 min.	<p>- Os alunos devem efetuar o quociente da distância pelo tempo e apresentar o resultado em m/s.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em saber que o valor da velocidade do som se pode determinar através do quociente entre a distância (entre a fonte sonora e o recetor do som) e o tempo de propagação do som do trovão.</p> <p>- Em efetuar o quociente.</p> <p>- Em apresentar o resultado em metro por segundo (unidades S.I.).</p>	<p>- Incentivar os alunos a discutirem em grupo, se os alunos questionarem sobre como podem determinar o valor da velocidade do som</p> <p>- Incentivar os alunos a olharem para as grandezas que têm e discutirem-nas em grupo, se perguntarem em que unidades devem apresentar o resultado.</p>	<p>- Mostrar compreensão que o valor da velocidade do som se determina através do quociente entre a distância da fonte sonora ao recetor do som e o tempo de propagação do som entre esses dois pontos.</p> <p>- Mostrar compreensão que as unidades devem ser metro por segundo, porque a distância tem as unidades de metro e o tempo as unidades de segundo.</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel</p>

<p>Trabalho autónomo</p> <p>VI. Resposta à questão 1.4. - Indiquem o significado do valor que calcularam.</p>	4 min.	<p>- Os alunos devem referir que o som ao propagar-se, percorre 340 metros em cada segundo.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em compreender o que se pede na questão.</p> <p>- Em saber o significado da velocidade de propagação do som.</p>	<p>- Explicar, se necessário, que o significado de uma palavra é o que essa palavra nos diz e que, neste caso, devem discutir em grupo o que o valor que obtiveram na questão anterior lhes diz.</p>	<p>- Mostrar compreensão que o valor da velocidade de propagação do som ser de 340 m/s significa que o som percorre 340 metros em cada segundo.</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel</p>
<p>VII. Discussão coletiva</p>	15 min.	<p>Os alunos devem responder que a velocidade do som determina-se efetuando o quociente entre a distância da fonte sonora ao recetor do som e o tempo que o som demora a percorrer essa distância, correspondendo a um valor de 340 m/s.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>Os alunos podem ter dificuldades em apresentar as suas ideias e em responder à questão de como se calcula a velocidade de propagação do som no ar.</p>	<p>- Discutir com os alunos questão a questão da tarefa, iniciando com os grupos que apresentaram mais dificuldades.</p> <p>- Incentivar os grupos a apresentarem as suas ideias e a chegarem a um consenso (escrever no quadro a resposta de cada grupo)</p> <p>- <u>Questão 1.1:</u> Qual foi a distância que a que chegaram?</p> <p>- <u>Questão 1.2:</u> Projetar o gráfico no quadro. Os sons têm todos a mesma intensidade? A que instante corresponde o som mais intenso? Qual é o significado deste valor?</p> <p>Aproveitar as respostas dos alunos.</p> <p>- <u>Questão 1.3:</u> Pedir a um grupo para ir ao quadro apresentar a sua resolução. Solicitar a outro grupo a resolução. Discutir a resolução dos grupos.</p>	<p>- Mostrar compreensão que a distância de 510 m é a distância da fonte ao recetor do som.</p> <p>- Mostrar compreensão que o valor da velocidade do som se determina através do quociente entre a distância da fonte sonora ao recetor do som e o tempo de propagação do som entre esses dois pontos.</p> <p>- Mostrar compreensão que o valor da velocidade de propagação do som no ar ser de 340 m/s, significa que o som</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel</p>

			<p><u>Questão 1.4:</u> Qual é o significado do valor que determinaram?</p>	<p>percorre 340 metros em cada segundo.</p>	
<p><b>AULA 2</b></p> <p><b>Parte 2</b></p> <p>VIII. Introdução da Parte 2 da Tarefa (em coletivo)</p>	<p>5 min.</p>	<p>- Os alunos ouvem atentamente a continuação da história que lança a questão problema.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em compreender o texto e qual a questão problema.</p>	<p>- Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula.</p> <p>- Ler em voz alta a continuação do capítulo 2 da história.</p> <p>- Questionar os alunos se há algum aspeto de interpretação na história que possam não compreender.</p> <p>- Informar o tempo de que dispõem para realizar a atividade.</p>	<p>- Mostrar compreensão sobre o que vão fazer.</p> <p>- Mostrar compreensão sobre o texto.</p> <p>- Mostrar compreensão de qual é a questão problema.</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel</p>
<p>Trabalho autónomo</p> <p>IX. Resolução da questão 2.1. - Prevejam uma resposta para a questão do Sr. Somsível.</p>	<p>3 min.</p>	<p>- Os alunos estabelecem uma previsão de resposta à questão problema, que deverá estar relacionada com a diferença de velocidades com que o som se propaga, mais concretamente que o som se propaga com maior velocidade nos sólidos (carril) do que nos gases (ar).</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em fazer uma previsão que se relacione com a diferença na velocidade de propagação em meios diferentes.</p>	<p>- Incentivar os alunos a discutirem em grupo, se levantarem dúvidas sobre que previsão estabelecer.</p>	<p>- Mostrar compreensão que a previsão está relacionada com as diferentes velocidades de propagação do som consoante o meio material em que se propaga.</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel</p>

<p>Trabalho autónomo</p> <p>X. Questões 2.2.1 - Testem a vossa previsão com o seguinte procedimento: ... e</p> <p>2.2.2. - Descrevam como ouvem o som nas duas situações. Deem uma explicação para o que acontece.</p>	12 min.	<p>- Os alunos executam o procedimento e registam as observações que lhes permitirão confrontar os seus resultados com a previsão que fizeram para dar resposta à questão problema.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em relacionar a atividade com a previsão que estão a testar, podendo relacioná-la com a intensidade do som.</p> <p>- Em explicar e descrever o que observam, nomeadamente que o som se propaga mais depressa quando a vibração provocada pelas colheres se propaga pelo fio relativamente a quando se propaga pelo ar.</p>	- Ter em atenção o trabalho de cada grupo, garantindo que terminado o tempo previsto, todos têm a atividade concretizada e as observações registadas.	<p>- Verificar a previsão efetuada através de uma atividade <i>hands on</i>.</p> <p>- Mostrar compreensão que a velocidade de propagação do som é maior no fio do que no ar.</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel</p> <p>- Fio</p> <p>- Colheres de sopa de metal ou colheres de pau.</p>
<p>Trabalho autónomo</p> <p>XI. Questão 2.3. - Façam uma pesquisa no vosso manual e relacionem a velocidade de propagação do som em meios materiais sólidos, líquidos e gasosos.</p>	5 min.	<p>- Os alunos fazem pesquisa no manual de forma a conseguirem relacionar as velocidades de propagação em meios materiais nos três estados físicos (sólido, líquido e gás), chegando à relação: <math>v(\text{sólidos}) &gt; v(\text{líquidos}) &gt; v(\text{gases})</math></p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em encontrar no livro as páginas onde pesquisar.</p>	- Incitar os alunos a procurarem no manual a resposta à questão solicitada.	<p>- Saber relacionar as velocidades de propagação do som consoante o meio.</p> <p>- Mostrar compreensão que o som se propaga com maior velocidade nos sólidos relativamente aos líquidos e que nestes o som se propaga com maior velocidade que nos gases.</p>	<p>- Enunciado da tarefa</p> <p>- Manual</p>

Discussão coletiva  XII.	17 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos de cada grupo comunicam à turma as suas observações e conclusões.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escrever no quadro as principais conclusões que cada um dos grupos comunica relativamente às duas situações testadas.</li> <li>- Escrever no quadro a relação entre as velocidades de propagação do som em meios materiais em diferentes estados físicos.</li> <li>- Sistematizar após apresentação de todos os grupos que, de forma geral, a velocidade de propagação do som é maior nos meios materiais sólidos, relativamente aos líquidos e nestes relativamente aos gases.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar compreensão que a velocidade de propagação do som é maior no fio (meio material sólido) do que no ar (meio material gasoso).</li> <li>- Mostrar compreensão que o som se propaga, de forma geral, com maior velocidade nos sólidos do que nos líquidos e que nestes o som se propaga com maior velocidade que nos gases.</li> </ul>	
Trabalho autónomo  XIII. 3.Reflete e avalia- 3.1. Refere o que aprendeste nesta tarefa. 3.2. Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa. 3.3. Olhando para o teu desempenho e para o do grupo, como o avalias? O que farias de forma diferente para melhorar? <b>Para resolver individualmente</b>	8 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos refletem sobre a tarefa e as suas aprendizagens e avaliam-nas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incitar os alunos a responderem empenhadamente a estas questões.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar espírito crítico quanto às atividades e aprendizagens realizadas.</li> </ul>	- Enunciado da tarefa



### Plano de Desenvolvimento das Aulas da Tarefa 3 – Atributos do som – Altura, Intensidade e Timbre (2 aulas de 45 min.)

**Objetivos de aprendizagem:**

- Associar os termos ALTO e BAIXO a um atributo designado altura no contexto do som e os termos FORTE e FRACO a um atributo designado intensidade do som.
- Associar a altura do som à frequência da onda sonora e a intensidade do som à amplitude da onda sonora.
- Relacionar os sons altos ou agudos com elevadas frequências, sons baixos ou graves com baixas frequências, sons fortes com sons cuja amplitude da onda sonora é elevada e sons fracos com sons cuja amplitude da onda sonora é baixa.
- Conhecer que o timbre é um atributo do som que permite distinguir sons de igual amplitude e altura produzidos por fontes sonoras diferentes.

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Respostas do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos e Material
<b>AULA 1</b>  I. Introdução da Tarefa (em coletivo)  (breve discussão coletiva)	10 min.	- Os alunos ouvem com atenção o capítulo 3 da história.  <b>Dificuldades</b> - Em compreender e/ou interpretar o texto. - Em diferenciar os termos ‘alto’, ‘baixo’, ‘forte’ e ‘fraco’, no contexto do som, dado ser comum usá-los de forma indiferenciada no dia-a-dia.	- Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula.  - Ler em voz alta o capítulo 3 da história.  - Questionar os alunos se há algum aspeto de interpretação na história que possam não compreender.  - Confrontar os alunos com o significado dos termos ‘alto’, ‘baixo’, ‘forte’ e ‘fraco’, no contexto do som.	- Mostrar compreensão sobre o texto.  - Mostrar compreensão sobre a diferença de significado entre os termos ‘alto’, ‘baixo’, ‘forte’ e ‘fraco’ no contexto do som	- Enunciado da tarefa em papel
Trabalho autónomo  II. Resolução da questão 1. - Identifiquem o problema do Sr.	5 min.	- Os alunos procuram, a partir da história, qual o problema do Sr. Somsível, que devem identificar como sendo o saber o que os colegas lhe pediram, nomeadamente: a) se para falar emitindo sons	- Ajudar, se necessário, a identificar e a formular o problema, a partir do texto.	- Saber formular uma questão problema.  - Mostrar compreensão sobre a relação que o problema tem com os fatores altura do som e	- Enunciado da tarefa em papel

Somsível.		<p>mais fortes ou sons mais altos ou</p> <p>b) para alterar a altura do som da sua voz ou a sua intensidade.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em identificar o problema, relacionando-o com a altura e a intensidade do som.</p>		intensidade do som.	
<p>Trabalho autónomo</p> <p>III. Resolução da questão 2. – Encontrem exemplos de objetos que façam os diferentes tipos de sons listados na tabela abaixo. Escrevam os vossos exemplos na tabela.</p>	5 min.	<p>- Os alunos identificam objetos que produzem os diferentes tipos de sons solicitados, que variam de uns para os outros em altura e/ou intensidade.</p> <p>Exemplos que podem dar:</p> <p>Som forte e agudo – soprano (cantora de ópera), berbequim, apito.</p> <p>Som forte e grave – buzina de navio, sino.</p> <p>Som fraco e agudo – melga, mosquito.</p> <p>Som fraco e grave – voz masculina a sussurrar, motor de ar condicionado, motor do carro ao ralenti.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em identificar sons do dia-a-dia com as características de intensidade sonora e altura sonora requeridas.</p>	- Incentivar os alunos a encontrar exemplos do dia-a-dia que correspondam aos diferentes tipos de sons solicitados.	- Saber identificar sons do dia-a-dia que sejam simultaneamente fortes e agudos ou fracos e agudos ou fortes e graves ou ainda fracos e graves.	- Enunciado da tarefa em papel

<p>Trabalho autônomo</p> <p>IV. Resposta à questão 3 - Abram o simulador ‘<b>Ondas Sonoras</b>’ a partir do computador. Usando o separador ‘<b>Ouçã de uma única fonte</b>’, recriem os sons constantes na tabela. <b>Não se esqueçam de acionar o quadrado ‘Ligar áudio’.</b></p>	<p>25 min.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos recriam os sons identificados no simulador fazendo variar para cada caso a frequência e/ou a amplitude das ondas sonoras.</li> <li>- Os alunos preenchem a tabela, explicando como utilizaram o simulador para recriar os sons, desenhando também a representação que aparece no simulador para cada som.</li> </ul> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em saber explicar como utilizaram o simulador para recriarem os sons.</li> <li>- Em relacionar a amplitude com a intensidade do som e em relacionar a frequência com a altura do som.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivar os alunos a discutirem em grupo, se levantarem dúvidas sobre como utilizar o simulador para recriarem os sons identificados.</li> <li>- Ajudar os alunos nos aspectos mais técnicos da utilização do simulador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar compreensão que variando a frequência da onda sonora, altera-se a altura do som</li> <li>-Mostrar compreensão que fazendo variar a amplitude da onda sonora, altera-se a intensidade do som.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enunciado da tarefa em papel</li> <li>- Computador</li> <li>- Aplicação de simulação de ondas sonoras</li> </ul>
<p><b>AULA 2</b></p> <p>Trabalho autônomo</p> <p>V. Resposta à questão 4. - Representem na forma de gráfico, cada uma das representações desenhadas na questão anterior.</p>	<p>8 min.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos representam graficamente cada um dos sons recriados no simulador.</li> </ul> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em concretizar a representação gráfica da onda sonora.</li> <li>- Em transpor a informação retirada do simulador para a forma de gráfico, fazendo variar as características da onda em amplitude e/ou em</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivar os alunos a discutirem em grupo, se os alunos questionarem sobre como podem representar graficamente as ondas sonoras.</li> <li>- Incentivar os alunos a discutirem em grupo, se perguntarem como diferenciar os sons recriados na forma gráfica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Saber representar graficamente ondas sonoras.</li> <li>- Saber representar graficamente ondas sonoras com amplitudes e frequências diferentes.</li> <li>- Saber associar ondas sonoras de diferentes frequências a sons com alturas diferentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enunciado da tarefa em papel</li> </ul>

		frequência, consoante o caso.		- Saber associar ondas sonoras com diferentes amplitudes a sons com intensidade sonora diferente.	
<p>Trabalho autónomo</p> <p>VI. Resposta à questão 5 - Deem resposta ao problema, explicando de que dependem a altura e a intensidade do som.</p>	7 min.	<p>- Os alunos dão a resposta ao problema, referindo que o que pediram ao Sr. Somsível era que aumentasse a intensidade do som da sua voz ou que falasse com voz mais forte.</p> <p>- Os alunos explicam que a altura de um som depende da frequência sonora e que a intensidade do som depende da intensidade da onda sonora, sendo tanto mais alto quanto maior a frequência e mais baixo quanto menor a frequência e que um som é tanto mais forte quanto maior for a amplitude da onda sonora e tanto mais fraco quanto menor for a amplitude da onda sonora.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em explicar de que características da onda sonora dependem a altura e a intensidade do som.</p>	- Incentivar os alunos a relacionarem a resposta ao problema com a atividade desenvolvida.	<p>- Mostrar compreensão que a intensidade do som depende da amplitude da onda sonora.</p> <p>- Mostrar compreensão que a altura do som depende da frequência da onda sonora.</p> <p>- Mostrar compreensão que um som é tanto mais forte quanto maior for a amplitude da onda sonora e é tanto mais fraco quanto menor for a amplitude da onda sonora.</p> <p>- Mostrar compreensão que um som é tanto mais alto ou agudo quanto maior a frequência e é tanto mais baixo ou grave quanto menor for a frequência.</p>	- Enunciado da tarefa em papel

VII. Discussão coletiva	15 min.	<p>- Os alunos relacionam os sons reproduzidos no simulador com os que inicialmente tinham pensado.</p> <p>- Os alunos concluem, pela partilha dos seus registos e observações e a dos colegas que a altura de um som depende da frequência sonora e que a intensidade do som depende da intensidade da onda sonora, sendo tanto mais alto quanto maior a frequência e mais baixo quanto menor a frequência e que um som é tanto mais forte quanto maior for a amplitude da onda sonora e tanto mais fraco quanto menor for a amplitude da onda sonora.</p> <p><b>Dificuldades</b> Os alunos podem ter dificuldades em apresentar as suas ideias e em verificar se a resposta que dão ao problema se enquadra no que definiram como problema.</p>	<p>- Discutir com os alunos questão a questão da tarefa, iniciando com os grupos que apresentaram mais dificuldades.</p> <p>- Incentivar os grupos a apresentarem as suas ideias e a chegarem a um consenso (escrever no quadro a resposta de cada grupo).</p> <p>- Confrontar, em termos processuais, as respostas dos alunos à questão com a própria questão que colocaram inicialmente, para aferir a sua coerência.</p>	<p>- Mostrar compreensão que a intensidade do som depende da amplitude da onda sonora.</p> <p>- Mostrar compreensão que a altura do som depende da frequência da onda sonora.</p> <p>- Mostrar compreensão que um som é tanto mais forte quanto maior for a amplitude da onda sonora e é tanto mais fraco quanto menor for a amplitude da onda sonora.</p> <p>- Mostrar compreensão que um som é tanto mais alto ou agudo quanto maior a frequência e é tanto mais baixo ou grave quanto menor for a frequência.</p>	
Exposição VIII. Timbre	8 min.	<p>- Os alunos ouvem atentamente a explicação do professor sobre o que é o timbre.</p> <p><b>Dificuldades</b></p>	<p>- Explicar que o timbre é um atributo do som que permite distinguir sons com a mesma altura (igual frequência fundamental) e intensidade produzidos por fontes sonoras diferentes e que depende das características da fonte sonora, como o material de que é feito e</p>	<p>- Mostrar compreensão sobre o que são sons puros e sons complexos e distingui-los.</p> <p>- Mostrar compreensão</p>	

		- Em compreender o que é o timbre	da sua forma.  - Explicar que o timbre de cada fonte sonora é único dado resultar de sons denominados complexos, que resultam da mistura de várias frequências, ao contrário de sons puros que resultam de uma frequência bem definida.	sobre o que o que é o timbre de um som e de que depende.	
Trabalho autónomo  IX. 6.Reflete e avalia- 6.1. Refere o que aprendeste nesta tarefa. 6.2. Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa. 6.3. Olhando para o teu desempenho e para o do grupo, como o avalias? O que farias de forma diferente para melhorar? <b>Para resolver individualmente</b>	7 min.	- Os alunos refletem sobre a tarefa e as suas aprendizagens e avaliam-nas.	- Incitar os alunos a responderem empenhadamente a estas questões.	- Mostrar espírito crítico quanto às atividades e aprendizagens realizadas.	- Enunciado da tarefa em papel

## Plano de Desenvolvimento das Aulas da Tarefa 4 – Detecção do som pelo ser humano; Audiogramas, Espectro sonoro (2 aulas de 45 min.)

- Objetivos de aprendizagem:**
- Saber que o ser humano só deteta sons com frequências compreendidas num intervalo de valores que vai dos 20 Hz aos 20kHz.
  - Concluir que nessa gama de frequências o ouvido humano só deteta o som a partir de determinado nível de intensidade sonora.
  - Construir e interpretar um audiograma, relacionando a informação aí constante com a capacidade auditiva de um indivíduo.
  - Conhecer que o espectro sonoro é o conjunto das ondas sonoras de todas as frequências, que inclui não só os sons audíveis pelo ser humano, como os infrassons (com frequências abaixo dos 20 Hz) e ultrassons (frequências acima dos 20 kHz).

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Respostas do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos e Material
<b>AULA 1</b>  I. Introdução da Tarefa (em coletivo)  (breve discussão coletiva)	12 min.	- Os alunos leem com atenção o capítulo 4 da história.  <b>Dificuldades</b> - Em compreender e/ou interpretar o texto. - Em relacionar as preocupações do Sr. Somsível evidenciadas no texto com o facto de a sua audição ser muito sensível.	- Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula.  - Pedir aos alunos que leiam o capítulo 4 da história.  - Pedir aos alunos que após a leitura discutam em grupo quais as preocupações do Sr. Somsível e qual a causa destas.  - Discutir com os alunos as causas das preocupações do Sr. Somsível para chegar ao problema deste, relacionado com a sensibilidade da sua audição.	- Mostrar compreensão sobre o texto.  - Mostrar compreensão sobre a causa dos problemas do Sr. Somsível relacionados com a sua audição.	- Enunciado da tarefa em papel
Trabalho autónomo  II. Resolução da questão 1. - Construção do audiograma a partir de	8 min.	- Os alunos constroem o gráfico (audiograma) a partir dos valores da tabela.  <b>Dificuldades</b> - Em interpretar a tabela	- Referir que o nível de intensidade sonora é uma grandeza que mede a sensação auditiva e que tem como unidades o decibel (dB).  - Explicar o que é um audiograma e para que serve.  - Ajudar, se necessário, a identificar quais as	- Saber construir um gráfico a partir de uma tabela.  - Mostrar compreensão sobre os fatores dos quais depende a audição.	- Enunciado da tarefa em papel

uma tabela com dados de frequência e níveis de intensidade sonora		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Em compreender o que é um audiograma.</li> <li>- Em identificar as grandezas que devem considerar como variável dependente e independente, nomeadamente a frequência como variável independente e o nível de intensidade sonora como dependente.</li> <li>- Em interpretar a informação de que devem considerar intervalos iguais no gráfico para as frequências, independentemente do seu valor.</li> <li>- Em restringir essa informação dada só para as frequências e não também para as intensidades sonoras.</li> </ul>	grandezas na tabela que devem considerar como variável dependente e independente na construção do gráfico.		
<p>Trabalho autónomo</p> <p>III. Resolução da questão 2.1 - Pesquisem no vosso manual e indiquem o significado dos termos ‘limiar de audição’ e ‘limiar de dor’.</p>	5 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos identificam no audiograma apresentado as linhas que correspondem ao limiar de audição e limiar de dor e pesquisam no manual o significado desses termos.</li> </ul> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em identificar no manual os termos a pesquisar de forma a saber o seu significado.</li> </ul>	- Incentivar os alunos a encontrar no manual os termos a pesquisar.	- Saber o significado dos termos ‘limiar de audição’ e ‘limiar de dor’, como os níveis de intensidade sonora mínimo para cada frequência para ser escutado e o mínimo nível de intensidade sonora para cada frequência que provoca dor, respetivamente.	- Enunciado da tarefa em papel



<p>Trabalho autónomo</p> <p>IV. Resposta à questão 2.2 - Comparem o audiograma que construíram com o da Figura 1 e discutam em grupo a causa possível para a sensibilidade auditiva do Sr. Somsível.</p>	<p>5 min.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos relacionam o limiar de audição do Sr. Somsível com o do audiograma padrão de audição e constataam que este é menor para o caso do Sr. Somsível, explicando assim a sua sensibilidade auditiva.</li> </ul> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em identificar a linha de gráfico construída como o limiar de audição do Sr. Somsível.</li> <li>- Em relacionar os dois gráficos.</li> <li>- Em concluir que o limiar de audição do Sr. Somsível é inferior ao padrão de audição.</li> <li>- Em relacionar esse facto como a causa da sensibilidade aos sons do Sr. Somsível.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivar os alunos a discutirem em grupo, relacionando as grandezas evidenciadas nos gráficos e os valores neles constantes, comparando-os de forma a dar uma explicação para a sensibilidade auditiva do Sr. Somsível.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar compreensão que o limiar de audição do Sr. Somsível se encontra abaixo do limiar de audição padrão para um indivíduo sem problemas auditivos, sendo essa a causa da sua sensibilidade auditiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enunciado da tarefa em papel</li> </ul>
<p>V. Discussão coletiva</p>	<p>15 min.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos apresentam as suas conclusões, referindo-se ao audiograma que construíram e sua comparação com o audiograma padrão, relacionando o limiar de audição dos dois gráficos para explicar a sensibilidade auditiva do Sr. Somsível, que apresenta um limiar de audição inferior ao padrão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivar os alunos a exporem as suas conclusões.</li> <li>- Referir os aspetos importantes constantes num audiograma, nomeadamente as grandezas envolvidas e como estas condicionam a audição.</li> <li>- Explicar que num audiograma realizado como exame médico apenas se atesta o limiar de audição.</li> <li>- Reforçar a ideia, se necessário, que para cada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Saber o significado dos termos ‘limiar de audição’ e ‘limiar de dor’, como os níveis de intensidade sonora mínimo para cada frequência para ser escutado e o mínimo nível de intensidade sonora para cada frequência que provoca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enunciado da tarefa em papel</li> <li>- Quadro branco e canetas</li> </ul>

		<b>Dificuldades</b> - Em perceber porque o limiar de dor só aparece no audiograma padrão. - Em relacionar os dados dos dois audiogramas para responder à questão sobre a sensibilidade auditiva do Sr. Somsível.	frequência, há um nível de intensidade sonoro mínimo para o qual um som é audível.  - Explicar que os sons que melhor ouvimos se encontram entre os 5000 Hz e 10000 Hz, de acordo com o que mostram os audiogramas estudados.	dor, respetivamente.  - Mostrar compreensão que o limiar de audição do Sr. Somsível se encontra abaixo do limiar de audição padrão para um indivíduo sem problemas auditivos, sendo essa a causa da sua sensibilidade auditiva.  - Mostrar compreensão que para cada frequência, há um nível de intensidade sonoro mínimo para o qual um som é audível.	
<b>AULA 2</b>  VI. Sistematização das aprendizagens da parte 1 da tarefa	12 min.	- Os alunos relembram o que fizeram na primeira parte da tarefa, reforçando os aspetos principais a reter.	- Reforçar o significado da grandeza nível de intensidade sonora como a medida de sensação auditiva e as suas unidades no Sistema Internacional (dB).  - Referir os aspetos importantes constantes num audiograma, nomeadamente as grandezas envolvidas e como estas condicionam a audição.  - Explicar que num audiograma realizado como exame médico apenas se atesta o limiar de audição.  - Reforçar a ideia, se necessário, que para cada frequência, há um nível de intensidade sonoro mínimo para o qual um som é audível.  - Reforçar a ideia, se necessário, que para cada	- Mostrar compreensão sobre o significado das grandezas associadas ao som e à audição humana e como estas a afetam.  - Mostrar compreensão sobre o que é um audiograma e as informações que dele podemos retirar.	

			<p>frequência, há um nível de intensidade sonoro mínimo para o qual um som provoca dor.</p> <p>- Explicar que os sons que melhor ouvimos se encontram entre os 5000 Hz e 10000 Hz, de acordo com o que mostram os audiogramas estudados.</p>		
<p>Trabalho autónomo</p> <p>VII. Resposta à questão 3. - Observem a Figura 2 que corresponde a um audiograma antigo do Sr. Somsível.</p> <p>Discutam em grupo se o Sr. Somsível terá ou não sofrido alguma perda auditiva deste essa altura até este último exame que realizou.</p>	6 min.	<p>- Os alunos comparam os dois audiogramas, concluindo que o limiar de audição do Sr. Somsível aumentou para determinados valores de frequência, traduzindo uma perda ligeira da sua audição nessas frequências.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>- Em relacionar os dados dos dois audiogramas para responder à questão sobre a possível perda auditiva do Sr. Somsível.</p> <p>- Em identificar que um aumento do limiar de audição para determinadas frequências traduz uma perda auditiva.</p>	<p>- Incentivar os alunos a discutirem em grupo, se os alunos questionarem sobre como podem aferir se o Sr. Somsível sofreu alguma perda auditiva.</p>	<p>- Mostrar compreensão que variações (aumento) no limiar de audição de um indivíduo traduzem perdas de audição.</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel</p>
<p>Trabalho autónomo</p> <p>VIII. Resposta à questão 4 - Indiquem de acordo com os dados analisados, porque não ouvimos</p>	6 min.	<p>- Os alunos identificam que o ouvido humano só ouve sons numa gama restrita de frequências e que para cada uma dessas frequências só se percebe o som a partir de um determinado nível de</p>	<p>- Incentivar os alunos a relacionarem os dados analisados nos audiogramas com o facto de não ouvirmos todos os sons.</p>	<p>- Mostrar compreensão que o ouvido humano só deteta sons numa gama restrita de frequências e que para essas frequências, o som só é percebido a partir de</p>	<p>- Enunciado da tarefa em papel.</p>

todos os sons.		<p>intensidade sonora.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em reconhecer que nos audiogramas só estão indicados valores de frequências num intervalo restrito.</li> <li>- Em identificar que mesmo para as frequências que estão indicadas no audiograma, o som só é percebido a partir de um determinado nível de intensidade sonora.</li> </ul>		um determinado nível de intensidade sonora.	
XI. Discussão coletiva	15 min.	<p>- Os alunos partilham as suas respostas</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <p>Os alunos podem ter dificuldades em apresentar as suas ideias e em explicar porque não ouvimos todos os sons, relacionando esse facto com as frequências e o nível de intensidade sonora.</p>	<p>- Discutir com os alunos questão a questão da tarefa, iniciando com os grupos que apresentaram mais dificuldades.</p> <p>- Incentivar os grupos a apresentarem as suas ideias e a chegarem a um consenso.</p> <p>- Especificar que a gama de frequências dos sons audíveis se encontra entre os 20 Hz e os 20 kHz.</p> <p>- Especificar que os sons com frequências inferiores a 20 Hz se designam infrassons e que os sons com frequências acima dos 20KHz se designam ultrassons.</p> <p>- Referir que o conjunto de todos os sons, audíveis e não audíveis, constituem o espectro sonoro.</p>	<p>- Mostrar compreensão que variações (aumento) no limiar de audição de um indivíduo traduzem perdas de audição.</p> <p>- Mostrar compreensão que o ouvido humano só deteta sons numa gama restrita de frequências e que para essas frequências, o som só é percebido a partir de um determinado nível de intensidade sonora.</p> <p>- Mostrar compreensão sobre o que são sons audíveis e não audíveis, relacionando-os com as</p>	

				<p>frequências e diferenciar estes últimos em infrassons e ultrassons.</p> <p>- Mostrar compreensão sobre o que é o espetro sonoro.</p>	
<p>Trabalho autónomo</p> <p>IX. 6.Reflete e avalia-</p> <p>5.1. Refere o que aprendeste nesta tarefa.</p> <p>5.2. Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa.</p>	6 min.	- Os alunos refletem sobre a tarefa e as suas aprendizagens e avaliam-nas.	- Incitar os alunos a responderem empenhadamente a estas questões.	- Mostrar espírito crítico quanto às atividades e aprendizagens realizadas.	- Enunciado da tarefa

## Plano de Desenvolvimento das Aulas da Tarefa 5 – Jogo de Papéis – O dispositivo ‘mosquito’ na escola (2 aulas de 45 min.)

**Objetivos de aprendizagem:**

- Aplicar os conhecimentos sobre a temática som numa situação relacionada com a realidade dos alunos.
- Discutir questões socio-controversas relacionadas com a ciência.
- Discutir e debater ideias em grupo; Manifestar argumentos em defesa das suas ideias.

Tarefas e atividades de aprendizagem	Duração esperada	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Respostas do professor e aspetos a ter em atenção	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos e Material
<b>AULA 1</b>  I. Introdução da Tarefa (em coletivo)	15 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos leem com atenção o capítulo 5 da história.</li> <li>- Os alunos identificam sons que ouvem entre um intervalo de frequências que vai dos 8 kHz e os 20 kHz.</li> <li>- Os alunos reforçam a distinção entre frequência de um som e nível de intensidade sonora.</li> </ul> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em compreender e/ou interpretar o texto.</li> <li>- Em compreender o que é o dispositivo <i>mosquito</i>, o seu modo de funcionamento e a sua função.</li> <li>- Em relacionar o funcionamento do dispositivo <i>mosquito</i> com as aprendizagens realizadas sobre o som.</li> <li>- Em diferenciar os conceitos de frequência e nível de intensidade sonora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula.</li> <li>- Pedir aos alunos que leiam o capítulo 5 da história.</li> <li>- Reforçar as noções dos conceitos de frequência e nível de intensidade sonora e a sua relação com a audição humana.</li> <li>- Projetar a imagem do dispositivo <i>mosquito</i></li> <li>- Explicar sucintamente o funcionamento do dispositivo <i>mosquito</i>.</li> <li>- Reproduzir sons de diferentes frequências entre os 8 kHz e os 20 kHz, pedindo aos alunos que identifiquem qual a frequência para a qual deixam de detetar qualquer som.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar compreensão sobre o texto.</li> <li>- Mostrar compreensão sobre como a frequência e o nível de intensidade sonora condicionam a audição humana.</li> <li>- Mostrar compreensão sobre o funcionamento do dispositivo <i>mosquito</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enunciado da tarefa em papel.</li> <li>- Computador</li> <li>- Projetor</li> <li>- <i>Flipchart</i> com imagem do dispositivo ‘<i>mosquito</i>’</li> </ul>

<p>Trabalho autónomo</p> <p>II. Preparação dos personagens do jogo de papéis</p>	30 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos decidem a posição que vão defender e constroem os seus personagens.</li> <li>- Os alunos preparam os argumentos que vão utilizar e as questões que vão colocar na ‘reunião’ que vai decorrer na aula seguinte.</li> </ul> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em saber qual a posição a tomar sobre a implementação do dispositivo, de acordo com o personagem atribuído.</li> <li>- Em construir argumentos e questões, de acordo com a posição que assumem.</li> <li>- Em saber como moderar a ‘reunião’, no caso do grupo que representará a Direção da escola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atribuir os diferentes personagens a cada grupo.</li> <li>- Explicar que devem encarnar cada personagem e a posição que assume com firmeza, mesmo que não seja coincidente com a opinião pessoal dos elementos de cada grupo.</li> <li>- Incentivar os alunos a preparar minuciosamente os personagens e os argumentos e questões que vão utilizar na ‘reunião’.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Saber gerir o tempo</li> <li>- Mostrar compreensão sobre diferentes perspetivas em temas atuais e próximos da sua realidade.</li> <li>- Manifestar tolerância relativamente às posições de cada membro do grupo.</li> <li>- Manifestar interesse</li> <li>- Saber relacionar conceitos e apresentar ideias.</li> </ul>	- Enunciado da tarefa em papel
<p><b>AULA 2</b></p> <p>III. Realização do jogo de papéis</p>	25 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos selecionados para desempenhar cada papel realizam a ‘reunião’ que visa ajudar a Direção da escola a tomar uma decisão final sobre a implementação do dispositivo <i>mosquito</i></li> <li>- Os restantes alunos podem ajudar o seu representante com cartazes informando o personagem sobre o que dizer</li> <li>- Os alunos tomam notas para</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivar os alunos a manter a ‘reunião’ acesa, até todos exprimirem os seus argumentos e colocarem todas as questões para que a Direção da escola fique esclarecida quanto à posição a adotar.</li> <li>- Incentivar a gestão do tempo e a intervenção equitativa de todos os personagens.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar capacidade de comunicação</li> <li>- Utilizar corretamente linguagem científica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Folhas de papel e marcadores</li> <li>- Notas dos alunos sobre os argumentos e questões a utilizar</li> </ul>

		<p>posteriormente escreverem um texto com recomendações à direção sobre o assunto da reunião.</p> <p><b>Dificuldades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em gerir a participação de cada personagem na ‘reunião’</li> <li>- Em apoiar o personagem, no caso dos alunos que serão a equipa de apoio.</li> <li>- Em saber comunicar argumentos e em colocar questões pertinentes para defender a sua posição ou ‘atacar’ as fragilidades de quem assume uma posição contrária</li> </ul>			
<p>Trabalho autónomo</p> <p><b>Após a realização do jogo de papéis</b></p> <p>IV. Escrita de um texto com recomendações à Direção da escola sobre a implementação do dispositivo <i>mosquito</i>.</p>	12 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos ouvem o comentário do professor relativamente a como decorreu o jogo de papéis.</li> <li>- Os alunos escrevem um texto com as recomendações à Direção da escola sobre a implementação do dispositivo <i>mosquito</i>, a partir da interpretação do que ocorreu na ‘reunião realizada’.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fazer uma breve síntese e comentário à forma como decorreu o jogo de papéis.</li> <li>- Solicitar aos alunos que façam um texto com as recomendações à Direção sobre a implementação do dispositivo <i>mosquito</i>, a partir da interpretação do que ocorreu na ‘reunião realizada’.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar compreensão sobre os argumentos apresentados para decidir que posição, das duas possíveis, deve ser recomendada à Direção da escola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enunciado da tarefa em papel</li> </ul>



		<b>Dificuldades</b> - Em fazer uma recomendação à Direção da escola, de acordo com os argumentos utilizados e que devem prevalecer			
Finalização das tarefas e da história	3 min.	- Os alunos ouvem o epílogo da história que encerra o ciclo de tarefas realizadas sobre a temática som.	- Ler o epílogo da história como elemento finalizador do ciclo de tarefas realizadas e que encerra ‘As peripécias do Sr. Somsível’.		
Trabalho autónomo  V. Reflete e avalia- 1. Refere o que aprendeste nesta tarefa. 2. Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa. <b>Para resolver individualmente</b>	5 min.	- Os alunos refletem sobre a tarefa e as suas aprendizagens e avaliam-nas.	- Incitar os alunos a responderem empenhadamente a estas questões.	- Mostrar espírito crítico quanto às atividades e aprendizagens realizadas.	- Enunciado da tarefa em papel



## **Apêndice B**

**Recursos educativos de apoio às aulas: guiões das Tarefas**



## As peripécias do Sr. Somsível

### Prólogo

Esta é a estória do Sr. Somsível, aliás de um intervalo de tempo relativamente curto da vida do Sr. Somsível. Melhor, é o relato de uma noite e de um dia da vida do Sr. Somsível, onde estive particularmente atento aos sons que o rodeavam.

O Sr. Somsível nunca percebeu bem porque é que se chamava assim! Nunca, quer dizer... até descobrir que ele era muito sensível a tudo o que eram sons, e que na sua família quase toda a gente era um pouco esquisita com tudo o que se relacionava com sons, mesmo aqueles que as pessoas normais não acham estranhos ou incomodativos, e porque não dizê-lo os que acham belos, também.

Para ele, (tal como para os seus familiares cujo apelido era também Somsível) todos os sons causavam-lhe impressão, não sabia dizer bem se boa ou má impressão, apenas sabia que lhe causavam impressão e isso deixava-o impressionado, por saber que nem toda a gente era assim.

Como era possível? Achava que as pessoas andavam distraídas, e por isso é que não ligavam à importância dos sons que ouviam, ou que não ouviam, ou até que deviam ouvir!

Certo dia, achou que não era normal ter este tipo de sensações, ou que se calhar até era normal, as outras pessoas é que de tão distraídas que andavam, não ligavam a este aspeto que ele achava fundamental, perceber o som, para depois tentar entender porque era ele tão sensível a ele.

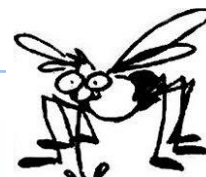
Decidiu estar atento a tudo o que o rodeava, para tentar perceber o som, mais concretamente o que o causa, o que o caracteriza, o porquê de ouvirmos alguns sons e outros não e o porquê de alguns poderem ser agradáveis e outros serem ruído, podendo até causar dores de cabeça (e as dores de cabeça que ele tinha à conta dos sons), de prejudicar o nosso comportamento e atenção e em casos mais graves afetar a nossa audição em permanência!

Ele andava efetivamente stressado por causa do som, e tinha de fazer alguma coisa!

Convido-vos a entrar neste pequeno período da vida do Sr. Somsível, para com ele aprenderem mais sobre o som, e estando mais informados, poder até ajustar algumas das vossas atitudes e alertar os outros sobre alguns perigos que alguns sons ou suas características podem trazer às vossas vidas.



DISCIPLINA:	Físico-Química	8ºANO	TAREFA 1	Ano letivo:	2015/2016
O QUE CAUSA O SOM?					
Nome: _____			Data: 05/02/2016		



## Capítulo 1

Acabado o filme de índios e *cowboys*, o Sr. Somsível deitou-se e adormeceu profundamente.

Zzzzzzz....zzzzzz...zzzzzzzz. Acordou a meio da noite irritado com o som que estava a ouvir.

- Que melga chata, esta que me acordou! Lá se foi a minha tranquilidade e o silêncio.

- Zzzzzz...zzzzzz – continuou a melga, batendo as asas repetidamente e ainda mais depressa, fazendo-as vibrar, pois tinha medo de ser esmagada por aquele ser gigante.

O Sr. Somsível levantou-se, e como já não ia dormir mais, pôs-se a ler o jornal que comprava com uma frequência diária. Não gostava daqueles jornais que só saíam uma vez por semana, porque eram muito grandes e ele, que gostava de ler, não tinha tempo de ler tudo.

Agora que já não conseguia dormir, pôs-se a pensar, e um pouco birrento afirmou com voz forte, esperando que a melga o ouvisse, pois mais ninguém estava lá:

**- Como fazes esse zumbido? E como chega até mim?**

Não conseguia concentrar-se. Continuava a ouvir o som da melga, entre outros provenientes de outras fontes e levou as mãos aos ouvidos para ter silêncio outra vez.

## PARTE 1

1. Releiam o texto com atenção.
- 1.1. Identifiquem palavras-chave ou expressões no texto que se relacionem com as questões do Sr. Somsível.
- 1.2. Formulem uma hipótese para cada uma das questões do Sr. Somsível, que lhes possam dar resposta.

DISCIPLINA:	Físico-Química	8ºANO	TAREFA 1	Ano letivo:	2015/2016
O QUE CAUSA O SOM?					
Nome: _____			Data: 16/02/2016		

## PARTE 2

Tal como a melga (zumbido), muitas outras coisas produzem sons, como os instrumentos musicais.

### 2. Vamos explorar... e ajudar a resolver o problema do Sr. Somsível.

- 2.1. Com o instrumento que cada grupo tem à disposição e o material acessório, delineiem um plano que vos permita testar as hipóteses formuladas.



Plano:



2.2. Registrem as vossas observações.

2.3. As hipóteses foram validadas ou refutadas? Deem resposta às questões do Sr. Somsível.

2.4. Comuniquem à turma as vossas observações e conclusões.

### **Vão mais além**

3. O Sr. Somsível comprava jornais diariamente, mas não gostava de jornais que só saíam uma vez por semana. Esses jornais têm uma frequência semanal.

3.1. No contexto do som, encontrem uma definição para o que é a *frequência sonora*.

DISCIPLINA:	Físico-Química	8ºANO	TAREFA 1	Ano letivo:	2015/2016
O QUE CAUSA O SOM?					
Nome: _____			Data: 16/02/2016		

**Reflitam e avaliem:**

Respondam individualmente:

4.1 Refere o que aprendeste nesta tarefa.

4.2 Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa.

4.3 Olhando para o teu desempenho e para o do grupo, como o avalias? O que farias de forma diferente para melhorar?



DISCIPLINA:	Físico-Química	8ºANO	TAREFA 2	Ano letivo:	2015/2016
VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM					
Nome: _____			Data: 17/02/2016		

## Capítulo 2

Quando de manhã acordou no cadeirão do seu quarto, o Sr. Somsível não sabia porque estava ali! Depois lembrou-se das peripécias dessa noite e de como tinha adormecido a pensar na origem dos sons que tanto lhe afetavam o seu estado de espírito. Levantou-se ainda atordoado e foi à procura da melga, mas esta já tinha desaparecido.



Estava ainda perturbado, mas achou que já tinha encontrado uma explicação para a produção dos sons: a vibração de partes de corpos ou do seu todo, que constituíam as fontes sonoras. Sabia também que a audição do som implica um recetor, nomeadamente, no seu caso, os seus ouvidos sensíveis. Mas faltava qualquer coisa...

- Há uma fonte, um recetor, logo também tem de haver um caminho para o som viajar do primeiro para o segundo! – Pensava ele para si, quase a descobrir este mistério.

Abriu os estores da janela do seu quarto e espreitou. Estava um lindo dia de inverno, solarengo, enchendo o quarto de luz que atravessava o vidro. Lá fora, estavam dois homens numa acesa discussão, mas ele não sabia qual o assunto, dado que mesmo não estando muito distantes, não os conseguia ouvir bem. O vidro fazia a vez das suas mãos a tapar as orelhas e foi então que tudo ficou claro: ouvimos os sons porque as vibrações das fontes sonoras são transmitidas às partículas que constituem o meio material que nos rodeia e propagam-se através desse meio até chegar ao recetor.

Antes de sair de casa, o Sr. Somsível nunca deixava de tomar o pequeno-almoço. Comeu e saiu apressado para o trabalho. O Sr. Somsível era funcionário administrativo da ESPAV (Escola Secundária Parem As Vibrações) e hoje tinha uma reunião importante.

0. Sublinhem no texto as frases que se referem ao que aprenderam durante a primeira tarefa sobre o que causa o som e como chega ao recetor.

## PARTE 1 – A que velocidade se propaga o som no ar?



As suas caminhadas para o trabalho eram sempre um desafio. Estava atento aos sons que ouvia durante o seu percurso e procurava algum novo que não lhe afetasse tanto a audição. Naquele dia, uma coisa chamou a sua atenção: quando passou junto a uma igreja, o sino tocou e ele verificou que eram exatamente 8h00'00''. Tinha acertado o seu relógio ao segundo na véspera, antes de se deitar. Sabia que o sino tocava todos os quartos de hora e, efetivamente, quando chegava à escola, ouviu de novo o sino (como o som mais intenso) só que o seu relógio já não marcava exatamente 8h15'00''. Estaria o sino da igreja dessincronizado com o relógio? Ou o relógio estava a adiantar-se?

Lembrou-se que se o som se propaga, tem de demorar algum tempo a fazê-lo, e como ele já estava distante da igreja, poderia ser essa a razão para a diferença que o relógio marcava. Verificou então que talvez tivesse uma forma de determinar a velocidade de propagação do som no ar.

Ajudem o Sr. Somsível a determinar a que velocidade o som se propaga no ar. Tenham em consideração a informação disponível em baixo:



Figura 1 – Mapa da zona envolvente à escola

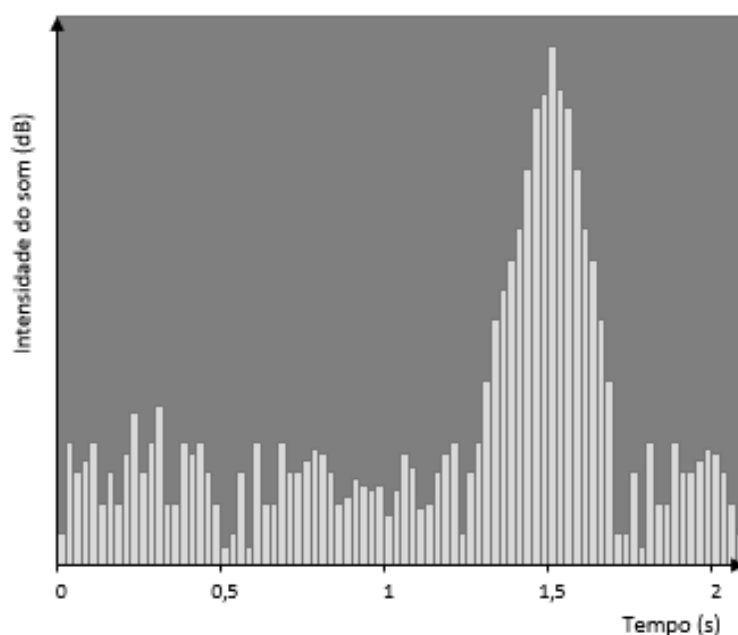


Figura 2 – Intensidade do som em função do tempo a partir das 8h15'00''

- 1.1. Indiquem qual é a distância que separa o sino da igreja do local onde se encontra o Sr. Somsível quando está a chegar à escola.
- 1.2. Indiquem quanto tempo o som demorou a propagar-se desde que foi emitido pelo sino até chegar ao local onde o Sr. Somsível estava quando o ouviu.
- 1.3. Discutam em grupo se conseguem determinar a velocidade de propagação do som no ar com os dados que dispõem. Em caso afirmativo, calculem-na e apresentem o vosso raciocínio.
- 1.4. Indiquem o significado do valor que calcularam.

DISCIPLINA:	Físico-Química	8ºANO	TAREFA 2	Ano letivo:	2015/2016
VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM					
Nome: _____			Data: 19/02/2016		

## PARTE 2

Antes de entrar na escola, o Sr. Somsível lembrou-se, a propósito da velocidade de propagação do som, do filme de índios e *cowboys* que havia visto na noite anterior. Particularmente, a cena em que, não ouvindo nenhum som de comboio, os índios encostavam a cabeça (mais propriamente os ouvidos) aos carris da linha férrea para saber se havia algum a aproximar-se. Como saberiam eles que um comboio se estava a aproximar?



2.1. Prevejam uma resposta para a questão do Sr. Somsível.

2.2.1. Testem a vossa previsão com o seguinte procedimento:

- Cortem 1 metro de fio, dobrem-no ao meio e atem-no a uma colher (a meio do fio).
- Enrolem cada uma das extremidades do fio nas mãos de um dos elementos do grupo.
- Com a colher pendurada pelos fios, peçam a outro colega para dar uma pequena pancada na colher suspensa com outra colher. Decerto ouvem um som!
- Segurando as extremidades do fio enrolado em cada mão, tapem as orelhas com as mãos, garantindo que o fio toque nelas e que a colher fique pendurada.
- Repitam nestas condições o passo c).

2.2.2. Descrevam como ouvem o som nas duas situações. Deem uma explicação para o que acontece.

2.3. Façam uma pesquisa no vosso manual e relacionem a velocidade de propagação do som em meios materiais sólidos, líquidos e gasosos.

2.4. Comuniquem à turma as vossas observações e conclusões.

**Reflitam e avaliem:**

Respondam individualmente:

3.1 Refere o que aprendeste nesta tarefa.



3.2 Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa.

3.3 Olhando para o teu desempenho e para o do grupo, como o avalias? O que farias de forma diferente para melhorar?



DISCIPLINA:	Físico-Química	8ºANO	TAREFA 3	Ano letivo:	2015/2016
ATRIBUTOS DO SOM					
Nome: _____			Data: 24 e 26/02/2016		

### Capítulo 3



Chegado ao seu local de trabalho, o Sr. Somsível cumprimentou os seus colegas e sentou-se. Como preferiria ter um gabinete só para ele! Os colegas eram muito faladores e o volume sonoro era tal que lhe parecia estar numa feira (na verdade só ele pensava assim, devido ao seu problema de sensibilidade aos sons). Tentando concentrar-se nos documentos que precisava ler para a reunião que ia ter em breve, estava a dar em doido, cada vez mais incomodado por não conseguir trabalhar. Teve então uma ideia: resolveu falar com uma voz pouco *intensa*, FRACA, dirigindo-se a eles para ver se lhe seguiam o exemplo. No entanto, a resposta que teve em coro, foi:

- Fala mais ALTO, Somsível, que a gente não te ouve! Falas sempre com uma voz tão BAIXA!

O Sr. Somsível, farto da situação, achou que devia gozar com eles, e começou a falar com uma voz em falsete, muito aguda, em resposta ao pedido dos colegas. Mas, mesmo tendo razão, foi ele o motivo de gozo naquela altura, pois todos começaram a rir-se dele. Estaria ele maluco? Ele sabia que o que queriam era que elevasse o volume da sua voz emitindo sons mais FORTES. Mas afinal, o que lhe pediram?

Saiu da sua secretária a correr e abandonou a sala onde tudo se tinha passado. No corredor onde agora se encontrava, estava rodeado de alunos, dado que era tempo de intervalo entre aulas. As coisas não melhoravam! O ruído produzido por todas aquelas pessoas era-lhe simplesmente insuportável.

1. Identifiquem o problema do Sr. Somsível.

**Para darem resposta ao problema do Sr. Somsível:**

2. Encontrem exemplos de objetos que façam os diferentes tipos de sons listados na tabela abaixo. Escrevam os vossos exemplos na tabela.
  
3. Abram o simulador '**Ondas Sonoras**' a partir do computador. Usando o separador '**Ouça de uma única fonte**', recriem os sons constantes na tabela. **Não se esqueçam de acionar o quadrado 'Ligar áudio'**.

Som	Exemplo de um objeto que faça este som	Expliquem como utilizaram o simulador para recriar o som	Desenhem a representação que aparece no simulador
Caso A: Forte e Agudo			
Caso B: Fraco e Agudo			
Caso C: Forte e Grave			
Caso D: Fraco e Grave			

- Representem na forma de gráfico, cada uma das representações desenhadas na questão anterior.
- Deem resposta ao problema, explicando de que dependem a altura e a intensidade do som.

**Reflitam e avaliem:**

Respondam individualmente:

6.1 Refere o que aprendeste nesta tarefa.



6.2 Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa.

6.3 Olhando para o teu desempenho e para o do grupo, como o avalias? O que farias de forma diferente para melhorar?

DISCIPLINA:	Físico-Química	8ºANO	TAREFA 4	Ano letivo:	2015/2016
DETEÇÃO DO SOM PELO SER HUMANO					
Nome: _____			Data: 09 e 11/03/2016		

#### Capítulo 4



Era nestas alturas que o Sr. Somsível pensava que seria melhor ser surdo. Ao menos assim poderia ter a tranquilidade que achava merecer. Bom, se calhar surdo também era um exagero. Só não percebia como os próprios alunos aguentavam uma manhã inteira, e às vezes um dia inteiro, sujeitos àquele nível de intensidade sonora.

Regressado dos seus pensamentos, achou que ia colocar à direção da escola uma proposta. Afinal, era um ato de cidadania. Decerto muitos dos alunos, para além do ruído a que estavam sujeitos de forma permanente no convívio uns com os outros na escola, ainda andavam, muitos deles, com auscultadores ouvindo música “aos altos berros” e ainda outros que todos os fins-de-semana iam às discotecas, saindo decerto sempre com um zumbido nos ouvidos. Estava convencido que muitos deles tinham a sua capacidade auditiva comprometida e tinha de se fazer algo. Na sua proposta, a primeira coisa seria sugerir que se escolhesse um grupo de alunos para medir o nível de ruído (ou melhor o nível de intensidade sonora) em diversos locais na escola, de forma a poder perceber-se se estão sujeitos diariamente a níveis elevados, podendo isso até condicionar a sua prestação académica ou causar dores de cabeça.

A segunda seria, embora o tema da reunião fosse outro, propor que a escola promovesse um rastreio auditivo aos alunos e funcionários, em parceria com o centro de saúde local, sensibilizando toda a comunidade escolar para uma audição saudável. Ele próprio ia regularmente ao otorrinolaringologista realizar audiogramas. Até já tinha em mente um lema para esta ação: “Protege os ouvidos: diminui o ruído se consegues, ou afasta-te dele se não o consegues!”

- Os resultados do último exame que o Sr. Somsível fez aos ouvidos vieram em forma de tabela. Um audiograma é um gráfico que se constrói a partir de valores como os da tabela e que permitem avaliar a capacidade auditiva de um dado indivíduo. O Sr. Somsível precisa da vossa ajuda para, a partir da tabela, construir um audiograma, de forma a poder compará-lo com outros mais antigos que tem em casa.

*Tabela 1-* Níveis de intensidade sonora mínimos detetados pelo Sr. Somsível em função da frequência sonora

Frequência (Hz)	Intensidade Sonora (dB) (mínimo detetado)
50	50
100	20
200	10
500	5
1000	0
5000	10
10000	35

(Para simplificar a elaboração do gráfico, coloquem cada valor de frequência que consta na tabela à mesma distância uns dos outros, no gráfico, independentemente do seu valor)


2. Observem o gráfico que a seguir se apresenta e que diz respeito ao padrão de audição de uma pessoa sem problemas auditivos.

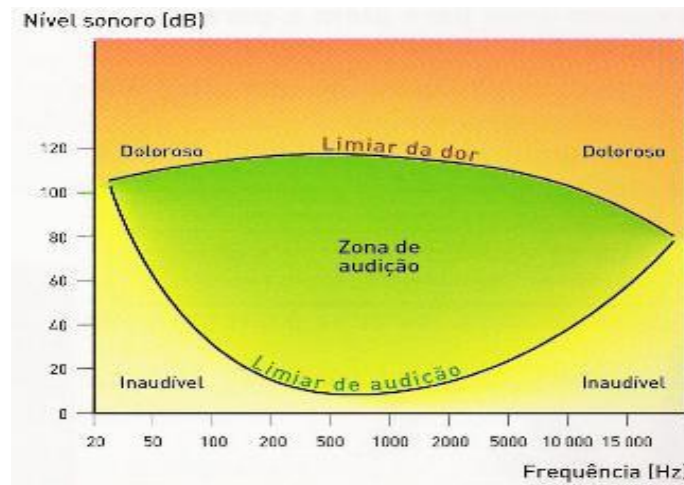


Figura 1 – Audiograma de uma pessoa sem problemas auditivos

- 2.1. Pesquisem no vosso manual e indiquem o significado dos termos 'limiar de audição' e 'limiar de dor'.
- 2.2. Comparem o audiograma que construíram com o da Figura 1 e discutam em grupo a causa possível para a sensibilidade auditiva do Sr. Somsível.

3. Observem a Figura 2 que corresponde a um audiograma antigo do Sr. Somsível. Discutam em grupo se o Sr. Somsível terá ou não sofrido alguma perda auditiva deste essa altura até este último exame que realizou e porquê.

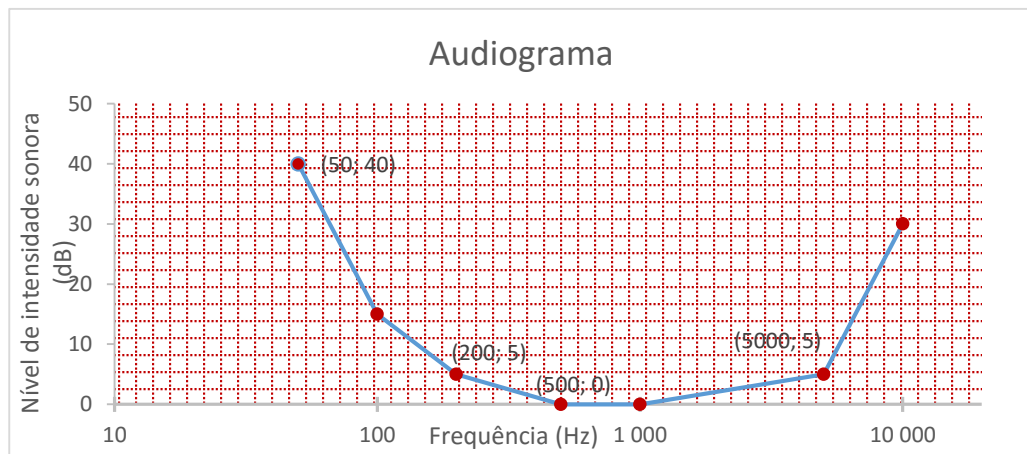


Figura 2 – Audiograma antigo do Sr. Somsível

4. Indiquem de acordo com os dados analisados durante a tarefa, porque não ouvimos todos os sons.

### Desafio: Constrói o teu próprio audiograma

Para facilitar a leitura de audiogramas, uma das técnicas utilizadas é ajustar a 0 dB o limiar de audição para cada frequência. Se uma pessoa só conseguir detetar, a determinadas frequências, níveis de intensidade sonora muito acima desses 0 dB, é sinal de que sofre de perdas auditivas.

Consultem o endereço eletrónico:

[http://www.audiocheck.net/testtones\\_hearingtestaudiogram.php](http://www.audiocheck.net/testtones_hearingtestaudiogram.php), e façam o vosso próprio audiograma, verificando se ouvem bem.



**Reflitam e avaliem:**

Respondam individualmente:

5.1 Refere o que aprendeste nesta tarefa.

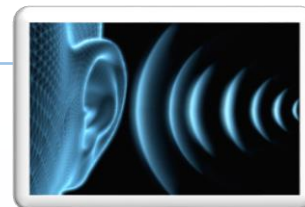


5.2. Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa.



DISCIPLINA:	Físico-Química	8ºANO	TAREFA 5	Ano letivo:	2015/2016
JOGO DE PAPÉIS - O DISPOSITIVO 'MOSQUITO' NA ESCOLA					
Nome: _____			Data: 15 e 16/03/2016		

## Capítulo 5



Finalmente, a reunião!

Havia sido ele a convocar esta reunião e eram já dois assuntos e não um só que estavam na agenda.

Relativamente ao primeiro, toda a Direção concordou com a proposta do rastreio auditivo e do estudo dos níveis de ruído na escola, que o Sr. Somsível propôs assim que a reunião começou!

Já o segundo, como se esperava, gerou muita discussão e conflito. Após 1h30' ainda não se tinha chegado a um consenso e a Diretora da escola resolveu dar por terminada a reunião. É que o tema proposto pelo Sr. Somsível era muito sensível, e assim marcou-se uma outra reunião para ouvir diversas partes envolvidas no processo e que seriam diretamente afetadas se se fosse para a frente com tal empreendimento, antes de tomar qualquer decisão.

Mas afinal, do que se tratava? Curiosos, anh? Eu conto-vos...

O Sr. Somsível, cujo local de trabalho se encontrava virado para a entrada da escola, estava cansado de tanto barulho (ruído), dado que os jovens aglomeravam-se aí permanentemente, muitas vezes com colunas portáteis a ouvir música num nível de intensidade sonora elevadíssimo.

Assim, propôs instalar-se junto do portão da entrada um dispositivo sonoro chamado *mosquito*, que emite ondas sonoras de frequências muito altas (17,5-18,5 kHz), mas de nível de intensidade sonora baixo (ca. 5 dB acima do ruído de fundo). Essas frequências só são detetadas pelos jovens entre os 13 e os 24 anos (ou pelo menos a sua maioria) e o som originado é-lhes extremamente incomodativo, resultando no seu afastamento do local onde o dispositivo é colocado.

Já estão a ver a confusão que isto gerou. O Sr. Somsível abandonou a reunião esperançoso, mas como prenúncio do que poderia aí vir, soou a campainha da escola, bem perto de onde ele estava, e cheio de *stress*, quase ficou com um esgotamento nervoso.

### **Instalar o dispositivo *mosquito* à entrada da escola. Sim ou não?**

Pretende-se que, através de um jogo de papéis, recriem a nova reunião onde se vai decidir sobre a implementação do dispositivo *mosquito*. A cada grupo vai ser atribuído um papel, relativo aos diferentes intervenientes nessa reunião, a saber:

- 1) Direção da escola (moderador da reunião);
- 2) Associação de Estudantes;
- 3) Grupo de funcionários da escola (onde se inclui o Sr. Somsível);
- 4) Associação de moradores do bairro circundante à escola;
- 5) Empresa vendedora do dispositivo *mosquito*;
- 6) Associação de Pais dos alunos da escola.

Cada grupo, de acordo com o seu papel, deve tomar uma posição contra ou a favor da implementação do dispositivo *mosquito* e defender essa posição com firmeza, sabendo argumentar porque a defendem.

Um elemento de cada grupo (logo, todos têm de estar preparados) vai assumir na próxima aula a personagem que representa o interveniente na reunião que lhe foi indicado e deve encarná-la durante todo o tempo desta. Têm que atribuir à personagem uma idade, uma personalidade (se é simpático ou não, se é tímido ou extrovertido, como se veste, entre outros). Ponham a imaginação a funcionar!

Os restantes membros do grupo serão a equipa de apoio, que podem ajudar o personagem com mensagens escritas em folhas de papel, que mostrarão ao personagem no caso de este necessitar de ajuda.

**Preparem a participação na discussão:**

- Enumerem e escrevam as características do vosso personagem, para melhor o representarem.
  
- Discutam as vossas ideias e registem os principais argumentos a utilizar durante a reunião, para defender a vossa posição de acordo com quem representam.
  
- Pensem e escrevam possíveis questões/argumentos que os elementos dos outros grupos podem fazer/utilizar para 'atacar' a vossa posição, para estarem melhor preparados para responder.
  
- Discutam, decidam e escrevam um conjunto de questões que pensem ser úteis para colocar aos outros intervenientes de modo a revelar as fragilidades das posições contrárias à vossa que assumem.

**Após a realização do jogo de papéis**

Em grupo, e tendo em conta a reunião realizada, escrevam um texto com as recomendações que fariam à Direção, relativamente à implementação ou não implementação do dispositivo *mosquito* à entrada da escola.

## Caraterísticas do dispositivo *mosquito* 'CSS Mosquito MK4' da empresa

### Compound – Security Systems

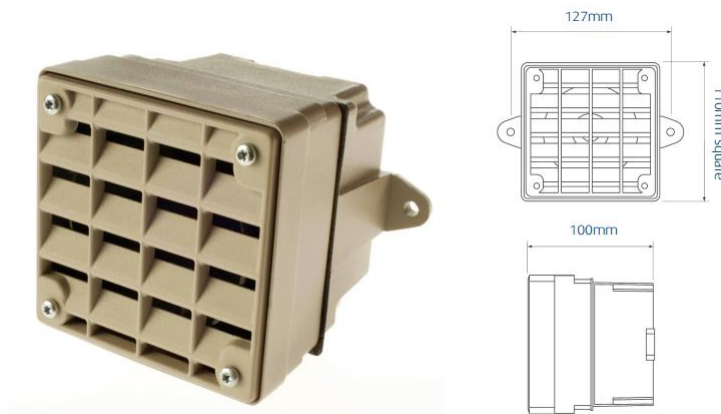
O dispositivo mosquito emite sons com frequência de 17000 Hz a níveis de intensidade sonora baixos, pelo que não é doloroso mas sim irritante para aqueles que o conseguem ouvir (em geral, pessoas com menos de 25 anos).

Normalmente, a duração tolerável ao som que emite varia entre os 10 e 15 minutos, antes de se sentir necessidade de se afastar da zona onde o som está a ser emitido e que tem no máximo um alcance de 30 a 40 metros.

É por isso considerado legal e não prejudicial à saúde auditiva das pessoas, mesmo para aquelas que o conseguem ouvir. A sensação de irritação causada pelo mesmo leva a que as pessoas que estão na sua área de ação se afastem dessa zona, para que deixem de ouvir o som por ele emitido.

O dispositivo é pequeno, feito de materiais resistentes e, se necessário, protegido por uma 'gaiola de segurança' que evita que seja danificado.

A relação custo-benefício é elevada, dado que a médio prazo podem ser evitados gastos em reparações de estragos causados por atitudes antissociais da população que de outro modo frequentaria os locais onde o dispositivo é instalado e que assim deixa de o fazer.



Informação retirada da página de internet de um fabricante do dispositivo:

<http://www.compoundsecurity.co.uk/security-equipment-mosquito-mk4-anti-loitering-device>

## Epílogo

O Sr. Somsível tirou o resto do dia de baixa e foi para casa para ver se recuperava. Quando chegou a casa, pôs-se a pensar em tudo o que tinha acontecido nas últimas 24 horas e como as questões sobre o som não o tinham largado. Também ele ia fazer um audiograma e talvez pudesse ver esclarecida a sua sensibilidade a tudo o que era som (audível, é claro!). Deitou-se, e quando estava quase a adormecer, ouviu a sua “amiga” melga a zumbir outra vez! Irritado, fez bom uso das suas cordas vocais, que vibrando, produziram um som forte e grave, ouvindo-se: Se não consigo evitar-te, afasto-me de ti! Então colocou uns auscultadores, cobriu-se até ao pescoço e adormeceu...

### Reflitam e avaliem:

Respondam individualmente:

1. Refere o que aprendeste nesta tarefa.
2. Indica onde sentiste mais dificuldades nesta tarefa.







## **Apêndice C**

### **Instrumentos de Avaliação**



### Grelha de Avaliação – Tarefas sobre o som\*

Critérios	Descritores			
	1	2	3	4
<b>Concretização das tarefas</b>	Não realiza nenhuma das tarefas propostas mesmo que incentivado	Raramente realiza espontaneamente as tarefas propostas, precisando de apoio frequente	Cumpr normalmente o trabalho, precisando raras vezes de apoio.	Cumpr sempre as tarefas sem precisar que se recorde os seus deveres
<b>Qualidade dos conhecimentos</b>	Não revela conhecimentos adquiridos com a tarefa.	Revela alguns conhecimentos elementares, mas tem dificuldade com conhecimentos mais complexos	.Evidencia conhecimentos, embora com dificuldades na aplicação a novas situações	Domina com facilidade conhecimentos científicos envolvidos
<b>Organização conceptual</b>	Não é capaz de relacionar os conceitos envolvidos na tarefa	Relaciona genericamente os conceitos envolvidos, mas tem dificuldades em compreender o significado dessa relação	Relaciona os diferentes conceitos e compreende o significado dessas relações, revelando dificuldade em explicá-las	Relaciona os diferentes conceitos e explica o significado dessas relações
<b>Correção científica</b>	Várias incorreções ao nível dos conceitos e/ou das informações	Algumas incorreções ao nível dos conceitos e/ou das informações	Sem qualquer incorreção ao nível dos conceitos e/ou das informações	Sem incorreções e revelando um excelente domínio de conceitos e/ou informações.
<b>Clareza e objetividade</b>	Pouca clareza e objetividade, sem evidenciar os aspetos fundamentais	Mostra clareza, mas pouca objetividade. São apresentados aspetos que saem do âmbito da tarefa	Mostra clareza e objetividade no geral, mas apresenta alguns aspetos supérfluos	Exposição clara e objetiva, com evidenciação dos aspetos fundamentais
<b>Apresentação da informação</b>	A informação é lida em vez de ser apresentada	A maior parte da informação é lida em vez de ser apresentada	A informação é apresentada mas acompanhada da leitura de algumas notas escritas	A apresentação é espontânea e não lida.

<b>Tomada de decisões</b>	Não tenta resolver os problemas nem ajuda os seus colegas a resolvê-los	Não sugere nem melhora soluções, mas está disposto a experimentar as soluções propostas pelos colegas	Melhora as soluções apresentadas pelos colegas	Procura ativamente e propõe soluções para os problemas em causa
<b>Planificação</b>	Plano pouco eficaz. Grande necessidade de ajuda ou não apresenta qualquer planificação	Plano eficaz, mas a necessitar de reformulações	Plano eficaz, mas omitindo algum material ou procedimento	Plano claro, conciso e completo
<b>Concretização do plano</b>	Observações e medições realizadas de forma incorreta, mesmo quando tendo sido orientadas. Necessidade de grande acompanhamento	Capacidade de observar e de medir, mas com alguma dificuldade em utilizar instrumentos, precisando de orientações	Observações e medições corretas, mas sem correção	Faz observações e medições de uma forma consistente, com correção. Utiliza corretamente os instrumentos necessários
<b>Gestão do tempo</b>	Não conclui as tarefas solicitadas dentro do prazo estabelecido	Tende a adiar a conclusão das suas tarefas, colocando em causa a qualidade do trabalho final	Tende a adiar a conclusão das suas tarefas mas consegue cumprir os prazos	Gere bem o tempo e assegura a conclusão das suas tarefas dentro do prazo estipulado
<b>Participação oral</b>	Não interage ou está sempre a falar e não permite que mais ninguém fale	Está sempre a falar e raramente permite que mais alguém fale	Ouve mas, em algumas situações, fala demais	Ouve e fala de forma equilibrada
<b>Tipo de interação entre o grupo</b>	Não há interação nem acompanhamento da evolução do trabalho	Colaboração pontual, com distrações esporádicas das tarefas do grupo	Colaboração com responsabilidade pelas tarefas destinadas	Colaboração em todas as tarefas, contribuindo para o sucesso do trabalho
<b>Respeito pelos colegas</b>	Faltas de atenção e fala constantemente quando os colegas estão a intervir, prejudicando o bom funcionamento do grupo e da aula	Está pouco atento e fala por vezes quando os colegas estão a intervir prejudicando o bom funcionamento do grupo e da aula	Revela alguma atenção, por vezes distrai-se, mas não prejudicando o bom funcionamento do grupo e da aula	Está atento. Ouve os colegas e por vezes coloca perguntas pertinentes

(Adaptado de Galvão et al. (2006). *Avaliação de competências em ciências*. Porto: Edições ASA.)

\*- O conjunto dos critérios considerados diz respeito à totalidade das tarefas. Só alguns critérios serão considerados consoante cada tarefa e os momentos das diferentes aulas em que estas são desenvolvidas.

## **Apêndice D**

### **Guião das entrevistas em grupo focado**



### Guião da entrevista semiestruturada efetuada aos alunos – Entrevista em grupo focado

Dimensões	Objetivos	Questões	Notas
			<b>Introdução da entrevista</b> - Enquadramento da entrevista - Objetivos da entrevista (conhecer a perspetiva dos alunos sobre as aprendizagens e dificuldades relativamente à temática – O som – e a sua avaliação da estratégia usada recorrendo a uma história e à resolução de problemas.
Aprendizagem de conceitos científicos	- Conhecer as aprendizagens dos alunos em termos de conceitos científicos em cada uma das tarefas.  - Conhecer como a resolução de problemas influenciou a aprendizagem dos conceitos científicos.  - Conhecer como a história influenciou a aprendizagem de conceitos científicos.	Q1 – O que aprenderam em termos de conceitos científicos em cada tarefa?  Q2 – Como é que este tipo de tarefas facilitou a aprendizagem de conceitos científicos?  Q3 – Como é que o uso da história influenciou a aprendizagem dos conceitos científicos relacionados com o som?	Apresentar aos alunos os guiões das tarefas realizadas para recordar o trabalho que foi feito em cada uma.
Dificuldades	- Conhecer as dificuldades que os alunos sentiram na aprendizagem dos conceitos científicos.	Q4 – Quais foram as vossas principais dificuldades relativamente aos conceitos que foram lecionados?	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer as dificuldades dos alunos em termos de processos utilizados na aprendizagem, nomeadamente na resolução de problemas.</li> <li>- Conhecer as dificuldades dos alunos relativamente à história em termos de interpretação e da sua ligação com a temática – som.</li> </ul>	<p>Q5 – E em termos das questões das tarefas, quais as dificuldades que sentiram?</p> <p>Q6 – Quais as dificuldades que sentiram na interpretação da história e na sua ligação com o tema do som?</p>	
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer como as tarefas contribuíram para o gosto/interesse da temática – som.</li> <li>- Conhecer como é que a história contribuiu para o gosto/interesse na aprendizagem da temática – som.</li> <li>- Conhecer como o processo de ensino/aprendizagem usando a resolução de problemas e a história aproximou os conceitos científicos à sua realidade.</li> </ul>	<p>Q7 – Qual a tarefa que gostaram mais? E menos? Porquê?</p> <p>Q8 – Como é que a história do Sr. Somsível contribuiu para o vosso interesse no estudo do som? Porquê?</p> <p>Q9 – Como é que as atividades realizadas e a história, que sendo ficção, está próxima da vossa realidade, permitiu ligar os conceitos aprendidos ao vosso dia-a-dia?</p> <p>Q10- Para o estudo de outros temas, gostavam de ter este tipo de tarefas de resolução de problemas? E com uma história como fio condutor?</p>	